



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

RODRIGO DE SOUSA CAVALCANTE

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – LABORATÓRIO DE PROTOTIPAGEM**

**CAMPINA GRANDE
2024**

RODRIGO DE SOUSA CAVALCANTE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – LABORATÓRIO DE PROTOTIPAGEM

Relatório de estágio supervisionado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Luis Reyes Rosales Montero.

CAMPINA GRANDE

2024

RODRIGO DE SOUSA CAVALCANTE

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – LABORATÓRIO DE PROTOTIPAGEM

Relatório de estágio supervisionado apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Engenharia Elétrica e Informática da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em 07/06/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Reyes Rosales Montero (Orientador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Prof. Roberto Silva de Siqueira
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

A Deus.

A minha mãe.

Aos meus irmãos.

A minha esposa.

A minha filha.

AGRADECIMENTOS

Ao Eng. Abdul-Hamid Matos Moreira, pela oportunidade e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Luis Reyes Rosales Montero, pela paciência, orientação e ensinamentos.

Ao Prof. Roberto Silva de Siqueira, por todo ensinamento e dedicação.

RESUMO

O estágio foi realizado no laboratório de prototipagem da Universidade Federal do Ceará *campus* Quixadá, onde os alunos desenvolvem protótipos usando equipamentos como impressora 3D, cortadora a laser e estação de solda. O objetivo do estágio foi entender as etapas de impressão 3D, o funcionamento da impressora e criar uma apostila para uso dos alunos. O material cobre o mecanismo de impressão, os materiais utilizados, o processo de modelagem do objeto, o fatiamento do modelo 3D, a impressão e soluções de problemas.

Palavras-chave: impressora 3D; modelagem; fatiamento.

ABSTRACT

The internship was conducted at the prototyping laboratory of the Federal University of Ceará, Quixadá campus, where students develop prototypes using equipment such as 3D printers, laser cutters, and soldering stations. The objective of the internship was to understand the stages of 3D printing, the operation of the printer, and to create a manual for student use. The material covers the printing mechanism, the materials used, the object modeling process, 3D model slicing, printing, and troubleshooting.

Keywords: 3D printer; modeling; slicing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Princípio de funcionamento da manufatura aditiva.....	14
Figura 2 - Princípio do processo FDM.....	14
Figura 3 - Impressora Core H5.....	15
Figura 4 - Hotend utilizado na impressora Core H5.....	16
Figura 5 - Objeto usado como exemplo para modelagem 3D.....	17
Figura 6 - Tela inicial do PrusaSlicer.....	18
Figura 7 - Objeto impresso.....	19
Figura 8 - Vidro da mesa de impressão quebrado.....	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1	Princípio de Funcionamento.....	10
2.2	Tipos de impressora.....	12
2.2.1	<i>Sistema de eixos.....</i>	12
2.2.1.1	<i>Sistema cartesiano.....</i>	12
2.2.1.2	<i>Sistema CoreXY.....</i>	13
2.2.1.3	<i>Sistema Delta.....</i>	14
2.2.2	<i>Sistema extrusão.....</i>	14
2.2.2.1	<i>Extrusora direta.....</i>	14
2.2.2.2	<i>Extrusora Bowden.....</i>	15
3	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	17
3.1	Primeira etapa.....	17
3.2	Segunda etapa.....	19
3.2.1	<i>Modelagem 3D.....</i>	19
3.2.2	<i>Fatiamento.....</i>	20
3.2.3	<i>Impressão 3D.....</i>	21
3.2.4	<i>Problemas de impressão.....</i>	22
4	CONCLUSÃO.....	23
	REFERÊNCIAS.....	24
	APÊNDICE A – APOSTILA DESENVOLVIDA.....	26

1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades realizadas no estágio supervisionado, ocorrido na Universidade Federal do Ceará *campus* de Quixadá, no período de 11/03/2024 à 26/04/2024, totalizando uma carga horária de 201 horas.

A UFC oferece os cursos de graduação em ciências da computação, design digital, engenharia da computação, engenharia de software, redes de computadores, sistemas de informação, além de mestrado em computação.

O *campus*, voltado exclusivamente para a área de tecnologia da informação e comunicação, possui em sua estrutura diversos laboratórios, como laboratórios de informática, laboratório de design, laboratório de redes, laboratório de arquitetura de computadores e microprocessadores, laboratório de sistemas de eletrônica e analógica digital, laboratório de robótica e sistemas pervasivos e laboratório de prototipagem.

O referido estágio foi realizado no laboratório de prototipagem que permite o desenvolvimento de protótipos desenvolvidos pelos alunos em seus projetos, onde são utilizados os equipamentos disponíveis como impressora 3D, cortadora a laser e estação de solda.

O estágio teve como objetivo a compreensão das etapas de impressão 3D, do funcionamento da impressora e a elaboração de uma apostila, que se encontra no Apêndice A deste documento, para sua utilização pelos discentes. O material aborda todo o mecanismo de impressão, os materiais utilizados, o processo de modelagem do objeto, o fatiamento do modelo 3D, impressão e soluções de problemas.

Para elaboração do material foi realizada pesquisa em livros e sites da internet, conforme as referências bibliográficas, bem como, a observação do funcionamento da impressora com orientação do engenheiro responsável pela supervisão do estágio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A manufatura aditiva ou impressão 3D é um sistema de fabricação de objetos que consiste na adição sucessiva de material em forma de camadas. O processo de construção é automatizado, necessitando somente do modelo geométrico 3D feito em um sistema de desenho assistido por computador (CAD, do inglês *computer aided design*).

A tecnologia de impressão 3D baseada na extrusão de material deriva da primeira tecnologia comercial, denominada modelagem por fusão e deposição, do inglês *fused deposition modeling* (FDM), desenvolvida e comercializada pela Stratasys Ltd. (VOLPATO, 2017). Atualmente, a denominação fabricação por fusão de filamento, do inglês *fused filament fabrication* (FFF), é usada por empresas que utilizam tecnologia aberta, *open source*, para designar o mesmo princípio de fabricação.

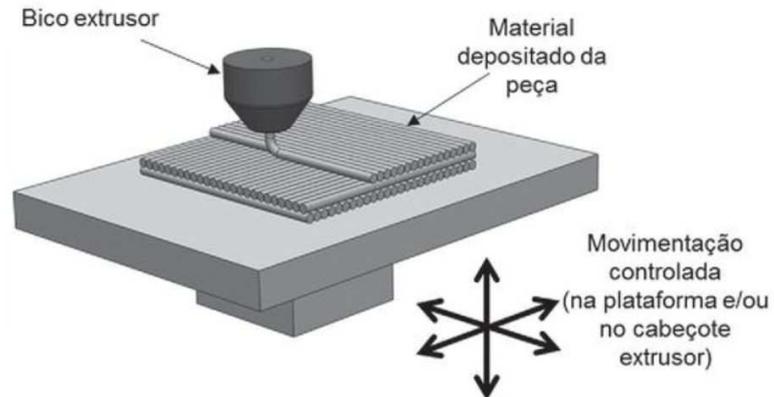
A fabricação do objeto inicia-se com a modelagem do objeto, seguido pelo fatiamento do modelo 3D e finalmente a impressão. As etapas do processo de impressão 3D segue, basicamente, as seguintes etapas (VOLPATO, 2017):

- a) modelagem tridimensional;
- b) geração do arquivo do modelo 3D em formato suportado pelo software de fatiamento, como por exemplo, STereoLitrography (STL);
- c) planejamento do processo de fabricação por camada;
- d) fabricação do objeto;
- e) pós-processamento, que consiste no acabamento do objeto após a impressão.

2.1 Princípio de Funcionamento

No processo de impressão do tipo FDM, o cabeçote de impressão movimenta-se, normalmente, no eixo X-Y enquanto que a mesa de impressão é responsável pelo movimento no eixo Z. A Figura 1 ilustra o princípio de funcionamento utilizado pelas impressoras do tipo FDM.

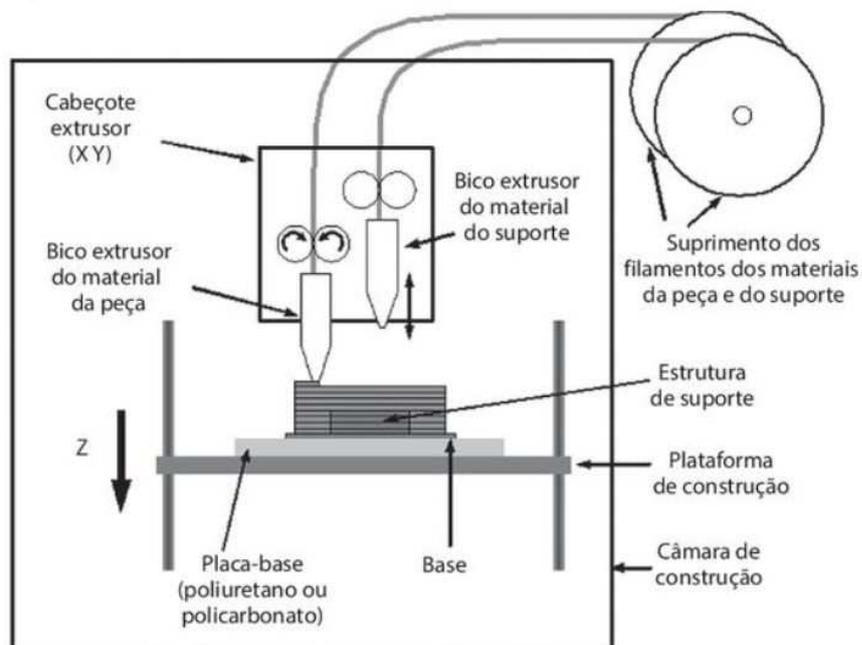
Figura 1 - Princípio de funcionamento da manufatura aditiva.



Fonte: (VOLPATO, 2017, fig. 7.1)

O processo FDM utiliza um material termoplástico na forma de filamentos para alimentar o cabeçote extrusor. Esse filamento é tracionado por roletes que guiam o filamento até câmara onde deve ser aquecido até atingir a temperatura ideal para que possa sair pelo bico extrusor. A Figura 2 ilustra o princípio de funcionamento do processo FDM.

Figura 2 - Princípio do processo FDM.



Fonte: (VOLPATO, 2017, fig. 7.4)

2.2 Tipos de impressora

Com a tecnologia aberta das impressoras FFF, diversas empresas e usuários desenvolveram vários projetos para tornar o processo de impressão cada vez mais simples.

As impressoras podem ser classificadas de acordo com o sistema de eixos utilizado para movimentação da cabeça de impressão e pela presença do tracionador junto à cabeça de impressão.

2.2.1 Sistema de eixos

A seguir são apresentados alguns sistemas de eixo para movimentação da cabeça de impressão.

2.2.1.1 Sistema cartesiano

As impressoras 3D que utilizam o sistema cartesiano são as mais simples de serem construídas. Nesse sistema, a cabeça de impressão movimenta-se nos planos X, Y e Z enquanto que a mesa de impressão permanece imóvel. A Figura 3 ilustra uma impressora do tipo cartesiana.

Figura 3 - Impressora 3D do tipo cartesiana.



Fonte: (“Impressoras 3D: tipos e funcionamento - Blog Eletrogate”, [s.d.]

2.2.1.2 Sistema CoreXY

No sistema CoreXY, as impressoras utilizam uma cabeça de impressão que se movimenta apenas nos eixos X e Y. O movimento no sentido do eixo Z é realizado pela mesa de impressão. A Figura 4 ilustra uma impressora que utiliza o sistema CoreXY.

Figura 4 - Impressora do tipo CoreXY.



Fonte: (“Impressoras 3D: tipos e funcionamento - Blog Eletrogate”, [s.d.]

2.2.1.3 Sistema Delta

As impressoras construídas com o sistema de eixos delta funcionam de forma semelhante às impressoras cartesianas. O diferencial é a mesa de impressão circular. A Figura 5 ilustra uma impressora que utiliza o sistema delta.

Figura 5 - Impressora 3D do tipo Delta.



Fonte: ("Impressoras 3D: tipos e funcionamento - Blog Eletrogate", [s.d.]

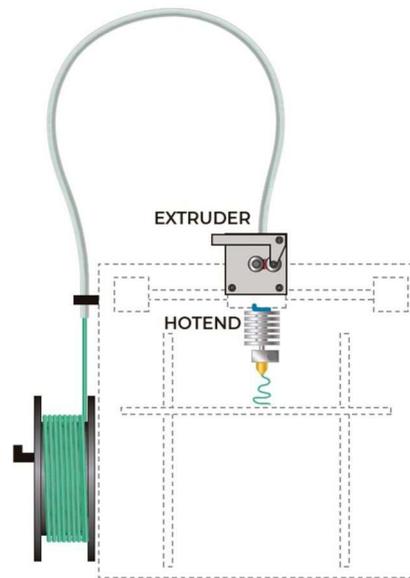
2.2.2 Sistema extrusão

A impressora 3D pode utilizar sistemas de extrusão do tipo direto ou *bowden*.

2.2.2.1 Extrusora direta

No tipo de sistema direto, o tracionar fica junto à cabeça de impressão. Nesse sistema, o tracionador fica próximo ao hotend permitindo uma melhor calibragem do sistema. A Figura 6 ilustra o sistema de extrusão direta.

Figura 6 - Sistema de extrusão direta.

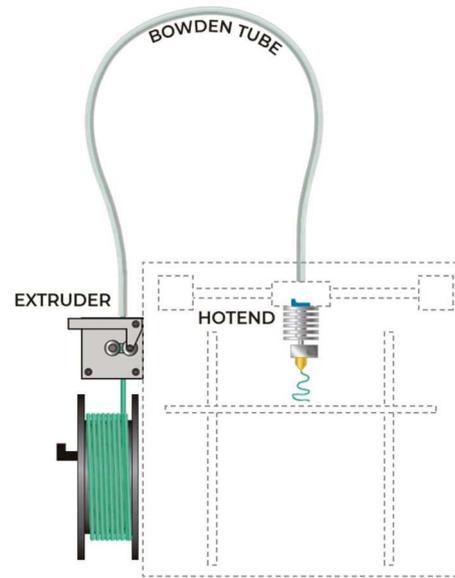


Fonte: ("Direct extrusion vs. bowden type -", 2024)

2.2.2.2 Extrusora Bowden

No sistema de extrusão Bowden, o tracionador é separado da cabeça de impressão. O tracionador é ligado a cabeça de impressão através de um tubo por onde passa o filamento. Esse sistema é mais vantajoso devido a diminuição do peso da cabeça de impressão. A Figura 7 ilustra o sistema de extrusão bowden.

Figura 7 - Sistema de extrusão bowden.



Fonte: ("Direct extrusion vs. bowden type -", 2024)

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As atividades realizadas ocorreram em duas etapas. A primeira etapa, realizada de 11/03/2024 a 01/04/2024, consistiu em compreender o funcionamento da impressora 3D, descrever o mecanismo de impressão e os materiais utilizados. Na etapa seguinte, realizada de 02/04/2024 a 26/04/2024, foi realizada a modelagem de um objeto através do AutoCAD e do Fusion, o fatiamento do modelo 3D e a impressão do objeto.

3.1 Primeira etapa

Inicialmente, o engenheiro responsável apresentou a impressora 3D, explicando de forma detalhada todo o mecanismo de impressão, os materiais utilizados na impressão e o processo de impressão 3D. A Figura 8 ilustra a impressora Core H5 utilizada no laboratório de prototipagem.

Figura 8 - Impressora Core H5.



Fonte: ("Impressora 3D Pro - GTMax3D Core H5", [s.d.]

Após a apresentação da impressora 3D, fui orientado a elaborar a primeira parte da apostila contendo a descrição de cada componente do mecanismo de impressão e os filamentos utilizados em laboratório. A Figura 9 ilustra o *hotend*, responsável pelo aquecimento do filamento utilizado na impressora Core H5.

Figura 9 - Hotend utilizado na impressora Core H5.



Fonte: ("Hotend Allmetal VOLCANO Bowden", [s.d.]

O *Hotend* é formado por bico de impressão, bloco aquecedor, aquecedor de cartucho, termistor, garganta, dissipador de calor, conector pneumático e ventoinha. Cada componente do *hotend* foi descrito na apostila, apontando a funcionalidade de cada um.

Além do *hotend*, outros componentes tiveram suas funcionalidades descritas na apostila, como o tracionador, o sensor de fim de filamento e a mesa de impressão aquecida.

Os materiais utilizados no laboratório para impressão 3D também foram descritos observando as características mecânica de cada material, temperatura de extrusão e várias outras configurações que auxiliam na obtenção de uma boa impressão.

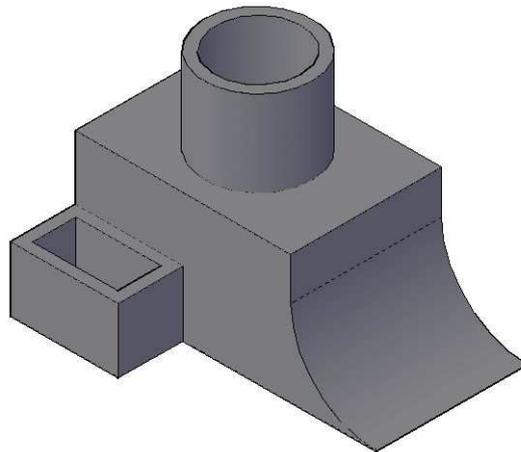
3.2 Segunda etapa

Já entendendo o processo de fabricação do objeto e os materiais utilizados, iniciou-se o processo de impressão. Inicialmente, em conversa com o engenheiro responsável ficou estabelecido que a modelagem do objeto seria realizada no AutoCAD devido à minha familiaridade com o programa.

3.2.1 Modelagem 3D

Sugeri como exemplo de modelagem 3D, um objeto que utilizasse diversos comandos e conceitos do AutoCAD, como criação de linhas, círculos, arcos, retângulos, extrusão de objetos e posicionamento do sistema de coordenadas. A Figura 10 ilustra exemplo de objeto utilizado para modelagem 3D.

Figura 10 - Objeto usado como exemplo para modelagem 3D.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Cada comando utilizado na modelagem do objeto, teve sua funcionalidade descrita na apostila, assim como o passo a passo para a construção do modelo 3D.

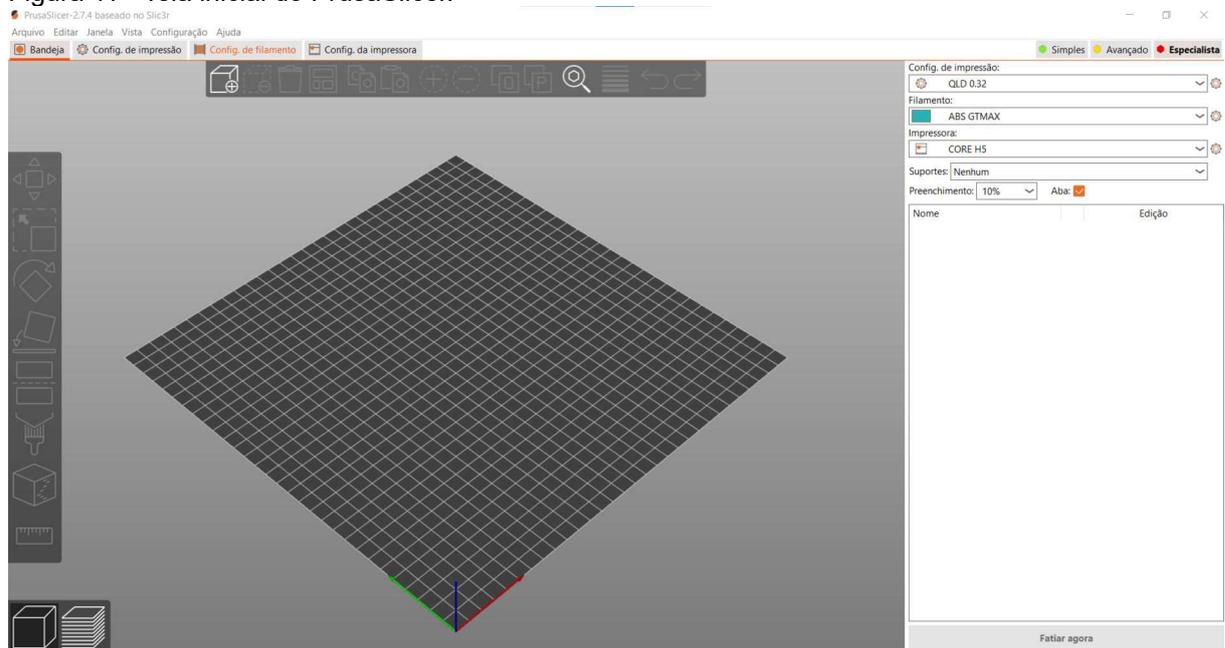
Após a conclusão do processo de modelagem no AutoCAD, foi observado que a construção do objeto se tornou muito complexa devido a grande quantidade

de etapas utilizadas. Para tornar a modelagem mais simples para os alunos, o engenheiro responsável sugeriu a utilização do programa de modelagem Fusion. Então, utilizando o mesmo objeto como exemplo, realizei a modelagem do objeto 3D no Fusion e descrevi todo o processo de construção na apostila, o que de fato se mostrou mais simples.

3.2.2 Fatiamento

Dentre as opções de programas disponíveis para fatiamento do modelo 3D, o PrusaSlicer se mostrou simples e intuitivo para iniciantes, sendo um fator determinante para a escolha. O PrusaSlicer possui opções de configurações classificadas de acordo com o nível de experiência do usuário. A Figura 11 ilustra a interface gráfica do PrusaSlicer.

Figura 11 - Tela inicial do PrusaSlicer.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Foi fornecido um arquivo com configurações da impressora e de parâmetros de cada material utilizado pela impressora. Após a importação dos dados, comecei a descrever de forma detalhada as formas de importação do objeto,

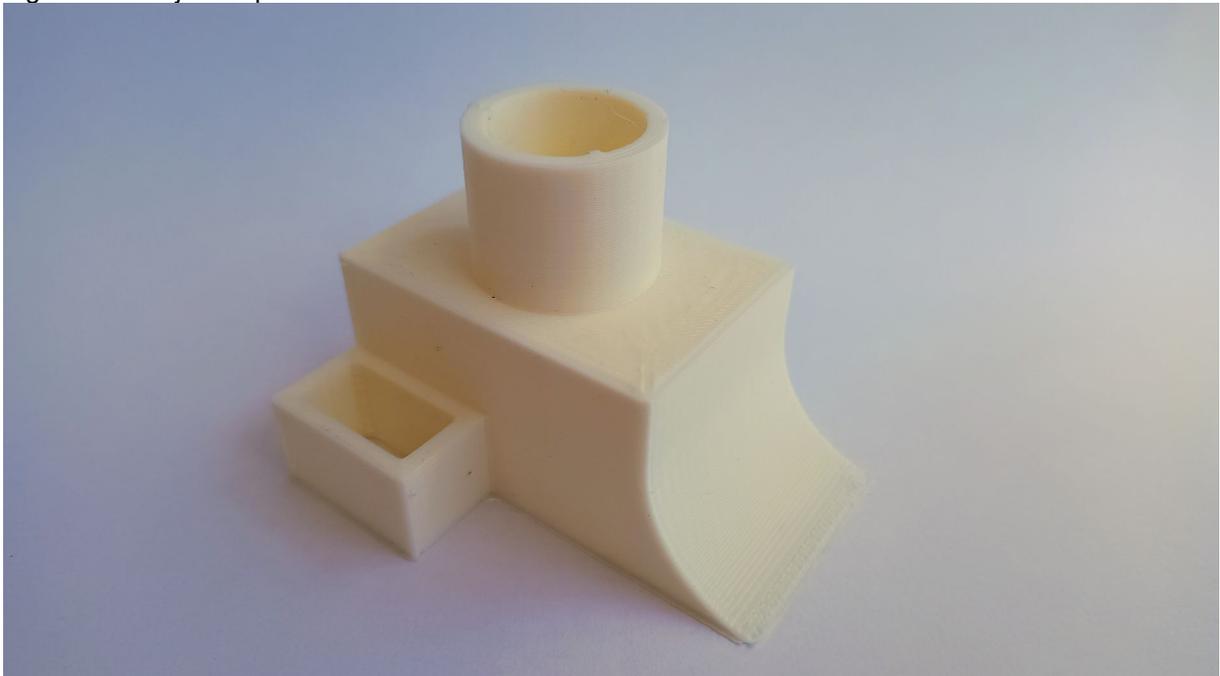
como deve ficar a orientação do objeto, a seleção do tipo de filamento utilizado, a utilização de suportes que auxiliam no processo de impressão, o preenchimento utilizado no interior das peças, além de recursos que auxiliam na fixação do objeto a mesa de impressão.

Após os ajustes necessários, foi descrito a visualização do objeto em camadas para verificação do objeto antes do momento da impressão para então exportar o arquivo no formato adequado para a impressora.

3.2.3 Impressão 3D

A impressão foi descrita seguindo uma sequência de etapas. Então, primeiro foram descritos os passos para se ter acesso à máquina através do navegador, carregar um objeto e realizar a impressão. A Figura 12 ilustra o objeto impresso.

Figura 12 - Objeto impresso.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em seguida, foram descritos os procedimentos para ajuste da altura da mesa de impressão, inserção e remoção de filamento e a limpeza da máquina após a impressão.

3.2.4 Problemas de impressão

A última parte da apostila foram relatados os problemas de impressão e suas soluções. Essa seção foi sugerida pelo engenheiro responsável devido à ocorrência dos problemas em laboratório. Os problemas e suas soluções foram descritos na apostila conforme relato do responsável. A Figura 13 ilustra a quebra do vidro da mesa de impressão devido ao uso inadequado do adesivo líquido usado para fixar o objeto à mesa.

Figura 13 - Vidro da mesa de impressão quebrado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4 CONCLUSÃO

O estágio proporcionou o aprendizado de todas as etapas do processo de produção de um objeto a partir do seu modelo 3D, permitiu compreender o princípio de funcionamento da impressora do tipo FFF, bem como, conhecer os tipos de materiais utilizados para a produção do objeto.

O processo de modelagem 3D foi realizado inicialmente através do AutoCAD, pela facilidade e conhecimento prévio do programa. Posteriormente, observou-se que o Fusion tornou o processo mais eficaz devido à facilidade de sua utilização para a proposta apresentada.

Na etapa do fatiamento 3D, foi possível compreender diversos conceitos relacionados a impressão como altura de camada, preenchimento do objeto e temperatura do bico extrusor. Como também, compreender recursos que auxiliam na impressão como a aba e suportes de impressão.

Todo o aprendizado serviu de base para a elaboração da apostila com descrição de todos os comandos e conceitos.

REFERÊNCIAS

Direct extrusion vs. bowden type -. Disponível em:
<<https://recreus.com/gb/noticias/learn-with-recreus/direct-extrusion-vs-bowden-type>>.
Acesso em: 22 maio. 2024.

Hotend Allmetal VOLCANO Bowden. Disponível em:
<<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/hotend-allmetal-volcano-bowden-bico-gtmax3d-2>>. Acesso em: 27 mar. 2024.

Impressora 3D Pro - GTMax3D Core H5. Disponível em:
<<https://www.gtmax3d.com.br/impressora-3d-pro-gtmax3d-core-h5>>. Acesso em: 26 maio. 2024.

Impressoras 3D: tipos e funcionamento - Blog Eletrogate. Disponível em:
<<https://blog.eletrogate.com/impressoras-3d-como-funcionam-e-quais-os-tipos-existentes/>>. Acesso em: 3 jun. 2024.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017.

APÊNDICE A – APOSTILA DESENVOLVIDA



Universidade Federal do Ceará
Laboratório de Prototipagem

Impressão 3D

Quixadá
2024

SUMÁRIO

1	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	4
2	IMPRESSORA GTMAX3D CORE H5.....	5
3	TIPOS DE FILAMENTO.....	6
3.1	Filamento ABS.....	6
3.1.1	<i>Configurações de impressão com ABS.....</i>	6
3.2	Filamento PLA.....	7
3.2.1	<i>Configurações de impressão com PLA.....</i>	7
3.3	Filamento PETG.....	8
3.3.1	<i>Configurações de impressão com PETG.....</i>	8
4	MECANISMO.....	11
4.1	Extrusora.....	11
4.1.1	<i>Tracionador.....</i>	11
4.1.2	<i>Tubo PTFE.....</i>	12
4.1.3	<i>Hotend.....</i>	13
4.1.3.1	<i>Bico de impressão.....</i>	13
4.1.3.2	<i>Bloco aquecedor.....</i>	14
4.1.3.3	<i>Aquecedor de cartucho.....</i>	15
4.1.3.4	<i>Termistor.....</i>	15
4.1.3.5	<i>Garganta.....</i>	16
4.1.3.6	<i>Dissipador de calor.....</i>	17
4.1.3.7	<i>Conector pneumático.....</i>	18
4.1.3.8	<i>Ventoinha.....</i>	18
4.2	Sensor de fim de filamento.....	19
4.3	Mesa aquecida.....	20
5	MODELAGEM 3D.....	21
5.1	AutoCAD.....	21
5.1.1	<i>Configurações da área de trabalho.....</i>	21
5.1.2	<i>Configurações opcionais.....</i>	23
5.1.2.1	<i>Comando Cursorsize.....</i>	23
5.1.2.2	<i>Comando Deflimite.....</i>	25
5.1.2.3	<i>Comando Griddisplay.....</i>	25

5.1.2.4	Comando Zoom.....	25
5.1.2.5	Comando Vports.....	26
5.1.3	Exemplo para modelagem 3D.....	29
5.1.3.1	Comando Retangulo.....	31
5.1.3.2	Comando Extrusao.....	32
5.1.3.3	Comando Osnap.....	34
5.1.3.4	Comando Orthomode.....	36
5.1.3.5	Comando Ucs.....	36
5.1.3.6	Comando Circulo.....	39
5.1.3.7	Comando Uniao.....	40
5.1.3.8	Comando Subtrair.....	40
5.1.3.9	Comando Plinha.....	44
5.1.3.10	Comando Aparar.....	46
5.1.3.11	Comando Unir.....	47
5.1.3.12	Comando Escala.....	49
5.1.3.13	Comando Facetres.....	50
5.1.3.14	Comando Impressao3d.....	50
5.2	Fusion.....	51
5.2.1	Exemplo de modelagem 3D.....	51
5.2.1.1	Criando esboço.....	52
5.2.1.2	Ferramenta retângulo.....	53
5.2.1.3	Ferramenta extrusão.....	54
5.2.1.4	Ferramenta linha.....	56
5.2.1.5	Ferramenta círculo.....	61
5.2.1.6	Ferramenta furo.....	62
5.2.1.7	Criando a rampa.....	65
5.2.1.8	Exportando modelo.....	71
6	FATIADOR 3D.....	74
6.1	PrusaSlicer.....	74
6.1.1	Importando objeto 3D.....	75
6.1.2	Orientação do modelo 3D.....	76
6.1.3	Selecionando a impressora 3D.....	78
6.1.4	Selecionando o tipo de filamento.....	78
6.1.5	Suportes.....	79

6.1.6	<i>Preenchimento</i>	80
6.1.7	<i>Aba</i>	81
6.1.8	<i>Fatiamento</i>	82
6.1.9	<i>Exportar G-code</i>	83
7	IMPRESSÃO 3D	84
7.1	Verificando o IP da impressora 3D.....	84
7.2	Inserir ou remover filamento.....	85
7.3	Carregar objeto.....	85
7.4	Calibrar a impressora.....	86
7.5	Limpeza.....	87
8	PROBLEMAS COMUNS	88
8.1	Overhang.....	88
8.2	Stringing.....	89
8.3	Warping.....	90
8.4	Velocidade de impressão.....	91
8.5	Fluxo.....	91
8.6	Ventoinha.....	91
8.7	Temperatura de extrusão.....	92
8.8	Aquecimento da mesa de impressão.....	92
8.9	Extrusão.....	92
8.10	Adesivo para fixação.....	93
8.11	Suavidade de superfícies curvas.....	94
	REFERÊNCIAS	95

1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A manufatura aditiva ou impressão 3D é um sistema de fabricação de objetos que consiste na adição sucessiva de material em forma de camadas. O processo de construção é automatizado, necessitando somente do modelo geométrico 3D feito em um sistema de desenho assistido por computador (CAD).

A tecnologia de impressão 3D baseada na extrusão de material deriva da primeira tecnologia comercial, denominada modelagem por fusão e deposição, do inglês *fused deposition modeling* (FDM). Atualmente, a denominação fabricação por fusão de filamento, do inglês *fused filament fabrication* (FFF), é usado para designar o mesmo princípio de fabricação.

A FFF utiliza um material termoplástico na forma de filamentos. Esse filamento é tracionado por roletes que guiam o filamento até câmara onde deve ser aquecido até atingir a temperatura ideal para que possa sair pelo bico extrusor.

2 IMPRESSORA GTMAX3D CORE H5

A impressora Core H5 da empresa GTMax3D é uma impressora do tipo FFF com um único bico extrusor. Possui uma tela LCD de 5", placa de rede Ethernet, placa de rede sem fio e câmera integrada para acompanhamento da impressão. Além disso, a Core H5 possui as seguintes especificações:

- a) área de impressão XYZ: 300 x 300 x 500 mm;
- b) volume de impressão: 45 l;
- c) diâmetro do filamento: 1,75 mm;
- d) diâmetro do bico: 0,4 ou 0,5 mm;
- e) resolução da camada: 0,40 – 0,05 mm;
- f) velocidade máxima: 400 mm/s;
- g) mesa de impressão: mesa de alumínio com aquecimento de até 135 °C com tampo de vidro;
- h) nivelamento automático;
- i) detecção de fim de filamento;
- j) materiais suportados: ABS, PLA, PETG, Tritan, TPU, TPE, filamentos flexíveis, filamentos de metal, HIPS, filamentos condutivos, além de filamentos de madeira e outros;
- k) gabinete fechado.

3 TIPOS DE FILAMENTO

O filamento é o material termoplástico utilizado na impressão. É produzido na forma de um fio contínuo que é enrolado em um carretel para venda. É possível encontrar filamentos de 1,75 mm e 3 mm de espessura e são vendidos em quantidades que podem variar de 50 g a 1 kg.

Há vários tipos de filamentos no mercado. Os filamentos ABS, PLA e PETG são os mais comuns no mercado.

3.1 Filamento ABS

A Acrilonitrila butadieno estireno, do inglês acrylonitrile butadiene styrene (ABS), é um termoplástico comumente utilizado no processo de impressão 3D por ser um material de baixo custo, rígido e leve. O ABS possui uma temperatura de transição vítrea em torno de 105 °C, sendo indicado para projetos que necessitem de uma maior resistência ao calor. Apesar disso, o ABS é sensível a variações bruscas de temperatura, podendo retrair ou rachar caso o material seja exposto à variações de temperatura durante a fabricação do objeto.

3.1.1 Configurações de impressão com ABS

A empresa 3D Lab utiliza as seguintes configurações para uso do filamento ABS Premium 3D Lab:

- a) temperatura de extrusão: 220 a 240°C (235°C utilizado em testes);
- b) temperatura da mesa: 110°C com adesivo para fixação;
- c) retração: 1,0 mm;
- d) fator de extrusão: 1,0 (100%);
- e) diâmetro do filamento: 1,75 mm ou 2,85 mm;

f) largura de extrusão: 0,48 mm;

3.2 Filamento PLA

O poliácido láctico conhecido comercialmente como *poligalactia acid* (PLA) é bastante utilizado na impressão 3D por pessoas que estão iniciando na área ou em projetos visuais. É indicado para situações que precisam de ótimo acabamento superficial sem tratamento pós impressão, que necessitam de alta rigidez superficial e que utilizam a impressora aberta.

Fabricado a partir do amido vegetal o PLA é um material biodegradável, não emite odor ou gás durante o processo de impressão. O PLA não é indicado para objetos que ficarão expostos ao sol ou a temperaturas elevadas como também não é indicado para objetos que precisam ser resistentes a impactos.

3.2.1 Configurações de impressão com PLA

A empresa 3D Lab utiliza as seguintes configurações para uso do filamento PLA 3D Lab:

- a) temperatura do extrusor: de 200 a 220°C (utilizamos 210°C);
- b) temperatura da mesa: ambiente até 70°C (utilizamos temperatura de 60°C);
- c) retração: 3 mm (verificar cada impressora);
- d) fator de extrusão: 1,0 (100%);
- e) diâmetro do filamento: 1,75 mm ou 2,85 mm;
- f) tipo de extrusor: pode ser usado em qualquer tipo. Para extrusores Allmetal é recomendado usar lubrificação com óleo lubrificante (óleo de máquina ou até azeite);
- g) largura de extrusão: 0,48 mm.

3.3 Filamento PETG

O polietileno tereftalato glicol conhecido comercialmente como *polyethylene terephthalate glycol* (PETG) é uma versão modificada do *polyethylene terephthalate* (PET) comumente utilizado para fabricar garrafas de refrigerantes. O PETG possui boa resistência química contra lubrificantes, óleos, ácidos e bases, além de suportar ambientes úmidos e temperatura de até 76 °C.

3.3.1 Configurações de impressão com PETG

A empresa 3D Lab recomenda a seguinte configuração para impressão com PETG:

a) para o extrusor:

- Diâmetro do bico: 0,4 mm;
- Multiplicador de extrusão: 0,95 (1,00 – 0,05 = 0,95);
- Largura de extrusão: 0,40 mm;
- Distância de retração: 4,0 mm;
- Distância de reinício extra: -0,2mm;
- Vertical lift: 0,00 mm;
- Velocidade de retração: 40 mm/s;
- Cost at end: 0,2 mm;
- wipe nozzle: 5,00 mm;

b) para a camada:

- altura da camada: 0,25 mm (PETG gosta de uma camada mais alta, gera um bom acabamento com menor tempo de impressão);
- camadas sólidas superiores: 4-5 (especialmente para infill abaixo de 40%. Você pode obter com menos camadas superiores com infill maior que 40%);
- camadas sólidas inferiores: 4-5 (pode-se utilizar menos se não tiver bridging);

- contornos de esboço/perímetro: 3;
- direção do esboço: inside-out;
- altura da primeira camada: 0,3mm;
- largura da primeira camada: 100%;
- velocidade da primeira camada: 40%;

c) para o suporte:

- porcentagem de preenchimento do suporte: 30%;
- sem suporte denso;
- desvio horizontal: 0,5 mm;
- camadas de separação vertical superior: 1;
- camadas de separação vertical inferior: 0;

d) temperaturas:

- temperatura do extrusor (camada 1): 250°C;
- temperatura do extrusor (camada 2): 242-247°C;
- temperatura mesa: 85°C (ajuda na fixação o uso do spray de cabelo, fita kapton, direto no vidro com cola bastão ou adesivo fixador 3D Lab);

e) arrefecimento:

- camada 1: 0%;
- camada 2: 0%;
- camada 3: 100% (se você quiser um acabamento de superfície melhor, ou existe ponte em sua peça, use cooler 100%. Para melhorar a aderência entre camadas desligue o cooler);

f) outras configurações:

- velocidade de impressão padrão: 60 mm/s;
- velocidade de contorno: 50%;
- velocidade de preenchimento: 70%;
- velocidade de suporte: 70%;
- velocidade de movimento do eixo X/Y: 100 mm/s;
- velocidade de deslocamento do eixo Z: 16,7 mm/s;
- compensação de tamanho horizontal: 0 mm;
- diâmetro do filamento: 1,75 mm;

- limite de área não suportado: 10,0 milímetros quadrados (este material afunda, a velocidade da ponte somente retrocedem acima deste tamanho, por isso o ajuste pequeno);
- distância de inflação extra: 1,0 mm;
- multiplicador de extrusão de pontes: 140%;
- multiplicador de velocidade de ligação: 125%;

g) configurações avançadas:

- permitir preencher lacuna quando necessário: sim;
- sobreposição de perímetro permitida: 0%;
- apenas se retraia ao cruzar espaços abertos: não;
- forçar retração entre camadas: sim;
- curso mínimo para retração: não;
- executar retração durante o movimento de limpeza: sim;
- limpe somente a extrusora para perímetros mais externos: sim;
- evite cruzar contorno para movimentos de viagem: não.

4 MECANISMO

Nessa seção, está descrito o conjunto de componentes responsáveis pela impressão, desde a entrada do filamento até a saída do material através do bico extrusor.

4.1 Extrusora

A extrusora é o mecanismo principal da impressora do tipo FFF. Esse conjunto compreende o tracionador e o *hotend*. Dessa forma, o filamento é empurrado para ser aquecido e depois, com a pressão gerada, sair através do bico extrusor.

4.1.1 Tracionador

O tracionador é o elemento responsável pela movimentação do filamento até o *hotend*, ou seja, empurrando ou puxando o filamento. O tracionador pode ser combinado com o *hotend* de duas formas, o sistema direto ou *direct drive*, e o sistema indireto ou *bowden*.

No sistema *direct drive*, o tracionador fica posicionado junto ao *hotend*, formando um único elemento minimizando a distância entre o ponto de tração e o bico de impressão.

No sistema *bowden*, o tracionador é mantido fixo na estrutura da impressora e o filamento é guiado através do tubo PTFE até o *hotend*. A Figura 14 ilustra o tracionador do sistema *bowden*.

Figura 14 - Tracionador no sistema bowden.



Fonte: ("Extrusora Bowden 3D - GTMax3D", [s.d.]

4.1.2 Tubo PTFE

O tubo PTFE ou tubo de *bowden* é o tubo por onde o filamento é guiado do tracionador ao hotend do sistema bowden. A Figura 15 ilustra o tubo PTFE.

Figura 15 - Tubo PTFE.



Fonte: ("Tubo Ptfе 1.75mm para Impressora 3d Bowden -GTMax3D", [s.d.]

4.1.3 Hotend

O *Hotend* é o conjunto de componentes responsável pela extrusão do material aquecido. Ele é composto geralmente por um bico de impressão, bloco aquecedor, aquecedor de cartucho, termistor, garganta, dissipador de calor e o conector pneumático. A Figura 16 ilustra o *hotend*.

Figura 16 - *Hotend*.



Fonte: (“Hotend Allmetal VOLCANO Bowden”, [s.d.]

4.1.3.1 Bico de impressão

O bico de impressão, bico extrusor ou *nozzle* é o lugar por onde sai o filamento aquecido. Ele recebe o filamento fundido e diminui até o tamanho do bico. A Figura 17 ilustra o bico de impressão.

Figura 17 - Bico de impressão.



Fonte: ("Bico Volcano para Hotend GTMax3D (Versão 1)", [s.d.]

4.1.3.2 Bloco aquecedor

O bloco aquecedor é responsável por aquecer o material que sai pelo bico de impressão. Geralmente formado por alumínio, nele se encontra o aquecedor de cartucho e o termistor. Além disso, ele une o bico de impressão à garganta. A Figura 18 ilustra o bloco aquecedor.

Figura 18 - Bloco aquecedor.



Fonte: ("Bloco Volcano para Hotend GTMax3D", [s.d.]

4.1.3.3 Aquecedor de cartucho

O aquecedor de cartucho é a resistência responsável por elevar a temperatura do bloco aquecedor. A Figura 19 ilustra o aquecedor de cartucho.

Figura 19 - Aquecedor de cartucho.



Fonte: ("Cartucho Aquecedor - 12V ou 24V", [s.d.]

4.1.3.4 Termistor

O Termistor é o sensor responsável por medir a temperatura do bloco aquecedor. É através dele que é realizado o controle da temperatura do bloco aquecedor. A Figura 20 ilustra o termistor.

Figura 20 - Termistor.



Fonte: ("Termistor com cabo 100k", [s.d.])

4.1.3.5 Garganta

A garganta ou *heatbreak* serve como um elemento de separação térmica entre o bloco aquecedor e o dissipador, garantindo a condução adequada do filamento. As gargantas mais comuns são as com tubo de politetrafluoretileno (PTFE) e as *allmetal*.

As gargantas com tubo PTFE possuem uma melhor condução do filamento, com uma menor probabilidade de travamento, principalmente quando se utiliza o PLA. A desvantagem do tubo se dá pelo fato de que o PTFE possui temperatura de amolecimento em torno de 250 °C, ficando limitado ao uso de filamentos que não necessitam de temperaturas elevadas.

As gargantas *allmetal* são fabricadas sem o tubo PTFE e com metais de baixa condutividade térmica. Esse tipo de garganta ainda pode ter um subtipo conhecido por garganta bimetal, que apresenta um melhor rendimento térmico. Esse modelo utiliza dois tipos de metais, um metal com baixa condutividade térmica na área interna e outro metal com alta condutividade térmica na área externa para conduzir o calor para o dissipador de calor. A Figura 21 ilustra uma garganta *allmetal*.

Figura 21 - Garganta Allmetal.



Fonte: ("Heatbreak para Hotend GTMax3D", [s.d.]

4.1.3.6 Dissipador de calor

O dissipador de calor ou *heatsink* é o componente que possui aletas e é responsável por manter filamento frio antes de chegar ao bloco aquecedor. O dissipador é, geralmente, acompanhado de uma ventoinha para troca de calor. A Figura 22 ilustra o dissipador de calor.

Figura 22 - Dissipador de calor.



Fonte: ("Dissipador Bowden", [s.d.]

4.1.3.7 Conector pneumático

O conector pneumático ou *push-fit* é responsável por conectar o tubo bowden ao hotend. A Figura 23 ilustra o conector pneumático.

Figura 23 - Conector pneumático.

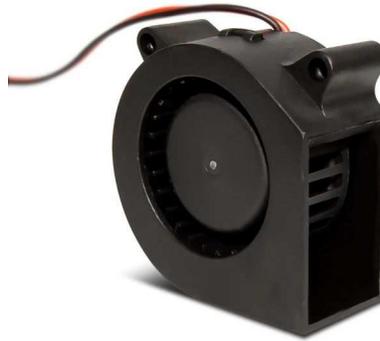


Fonte: ("Pushfit para filamentos 1.75mm Bowden", [s.d.]

4.1.3.8 Ventoinha

A ventoinha é responsável por resfriar o material que sai pelo bico extrusor, para que o material chegue ao seu estado sólido mais rápido ao mesmo tempo em que protege a camada do calor do bico extrusor. A Figura 24 ilustra a ventoinha.

Figura 24 - Ventoinha.

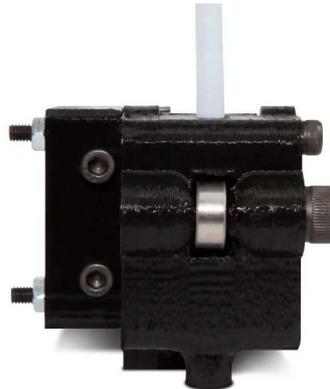


Fonte: ("Turbo Fan", [s.d.])

4.2 Sensor de fim de filamento

O sensor de fim de filamento detecta o final do filamento para que a impressora pause a impressão e não perca a impressão. A Figura 25 ilustra o sensor de fim de filamento.

Figura 25 - Sensor de fim de filamento



Fonte: ("Sensor de Fim de Filamento para Impressoras 3D - GTMax3D", [s.d.])

4.3 Mesa aquecida

A mesa aquecida ou *Heated Bed* é composta por um PCB e um vidro por cima. Ela serve de base para o objeto impresso, mantendo-o fixo. A mesa quando aquecida permite uma melhor adesão do objeto, além de reduzir o empenamento e ondulações do objeto. A Figura 26 ilustra a mesa de impressão.

Figura 26 - Mesa de impressão.



Fonte: ("Mesa Aquecida Impressoras 3D - GTMax3D", [s.d.]

5 MODELAGEM 3D

A etapa inicial para imprimir um objeto, consiste na geração do modelo 3D através de um programa de modelagem. Existem diversos programas que auxiliam esse processo e a escolha deve ser feita de acordo com a demanda do projeto. Entre eles estão o Fusion 360, AutoCAD, Tinkercad, FreeCAD, Blender, BricsCAD Shape, FreeCAD e Onshape Free.

5.1 AutoCAD

O AutoCAD é um programa do tipo CAD da Autodesk utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões e para a criação de modelos tridimensionais. A Autodesk oferece uma licença gratuita para estudantes, educadores e entusiastas sem interesse comercial.

A seguir, serão apresentadas configurações e alguns comandos do AutoCAD. Vale ressaltar que os comandos utilizados na linha de comando do AutoCAD, serão apresentados no formato “**COM**ando”, com destaque para as letras maiúsculas que indicam seus respectivos atalhos.

5.1.1 Configurações da área de trabalho

Antes de começar a utilizar o AutoCAD é necessário realizar algumas configurações. A barra de status exibe a posição do cursor, ferramentas de desenho e ferramentas que afetam o ambiente de desenho. Ela fica posicionada no canto inferior direito do aplicativo. A Figura 27 ilustra a barra de status.

Figura 27 - Barra de status.



Fonte: ("AutoCAD 2025 Ajuda | A barra de status | Autodesk", [s.d.]

Clique no botão “Alternância de área de trabalho”. Esse botão permite a alternância do espaço de trabalho para um diferente, com seu próprio conjunto de barra de ferramentas, paletas e painéis da faixa de opções. A Figura 28 ilustra o botão “Alternância de área de trabalho”.

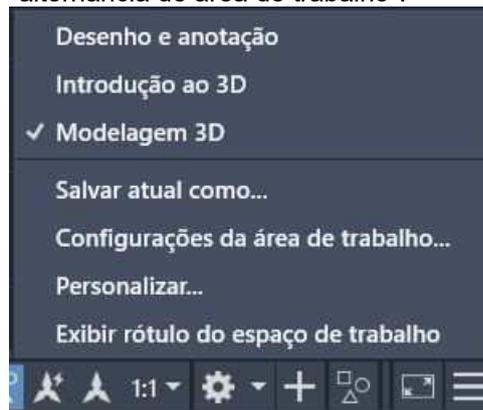
Figura 28 - Botão “alternância da área de trabalho”.



Fonte: (“AutoCAD 2025 Ajuda | A barra de status | Autodesk”, [s.d.]

Selecione a opção “Modelagem 3D” no menu suspenso. A Figura 29 ilustra o menu suspenso.

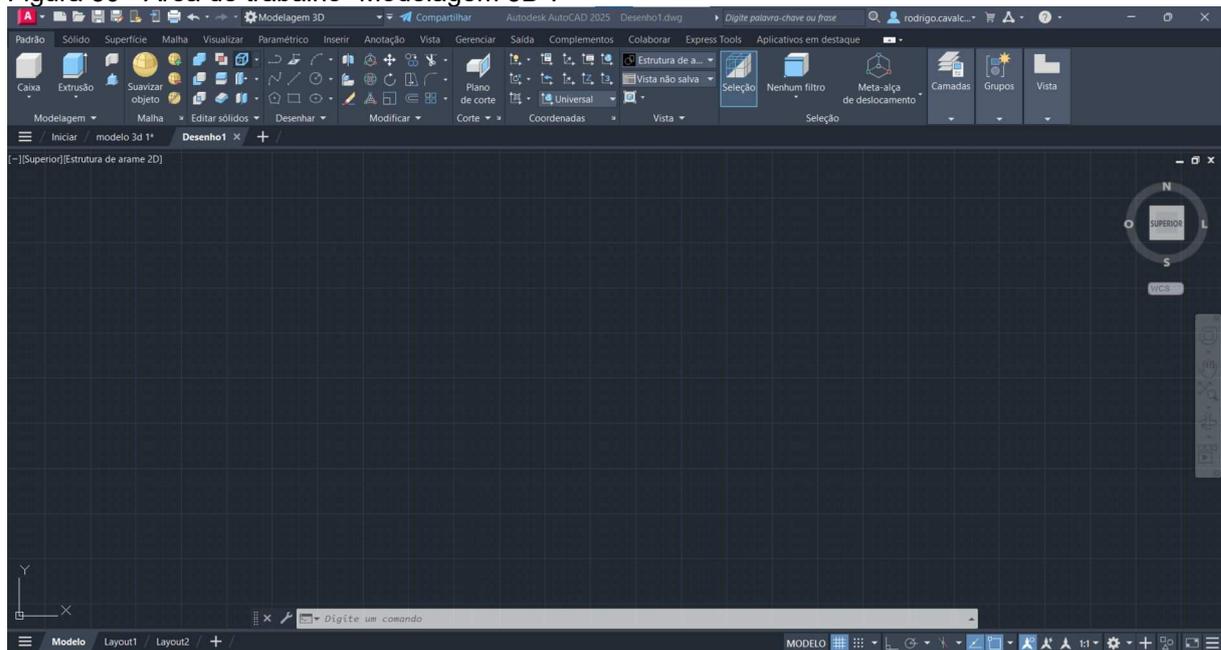
Figura 29 - Menu suspenso do botão “alternância de área de trabalho”.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, o ambiente de trabalho exibirá o conjunto de ferramentas para criação de modelos 3D. A Figura 30 ilustra o ambiente de trabalho para modelagem 3D.

Figura 30 - Área de trabalho "Modelagem 3D".



Fonte: Elaborada pelos autores.

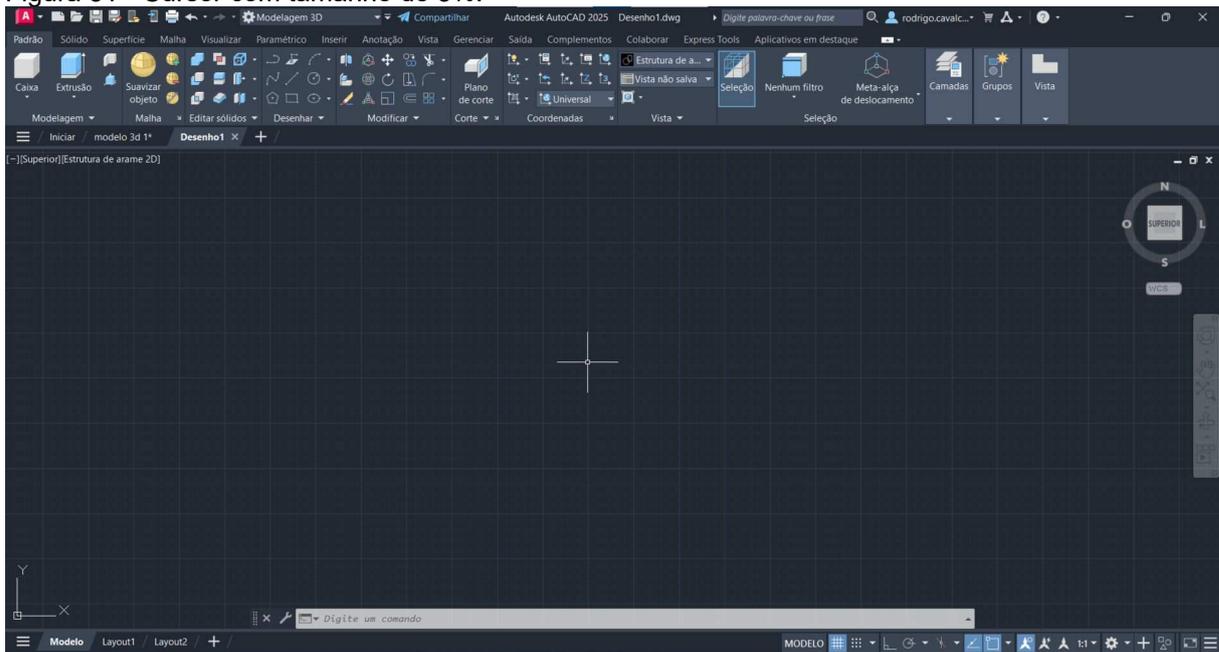
5.1.2 Configurações opcionais

Podemos, ainda, realizar algumas configurações que auxiliam no processo da modelagem tridimensional.

5.1.2.1 Comando Cursorsize

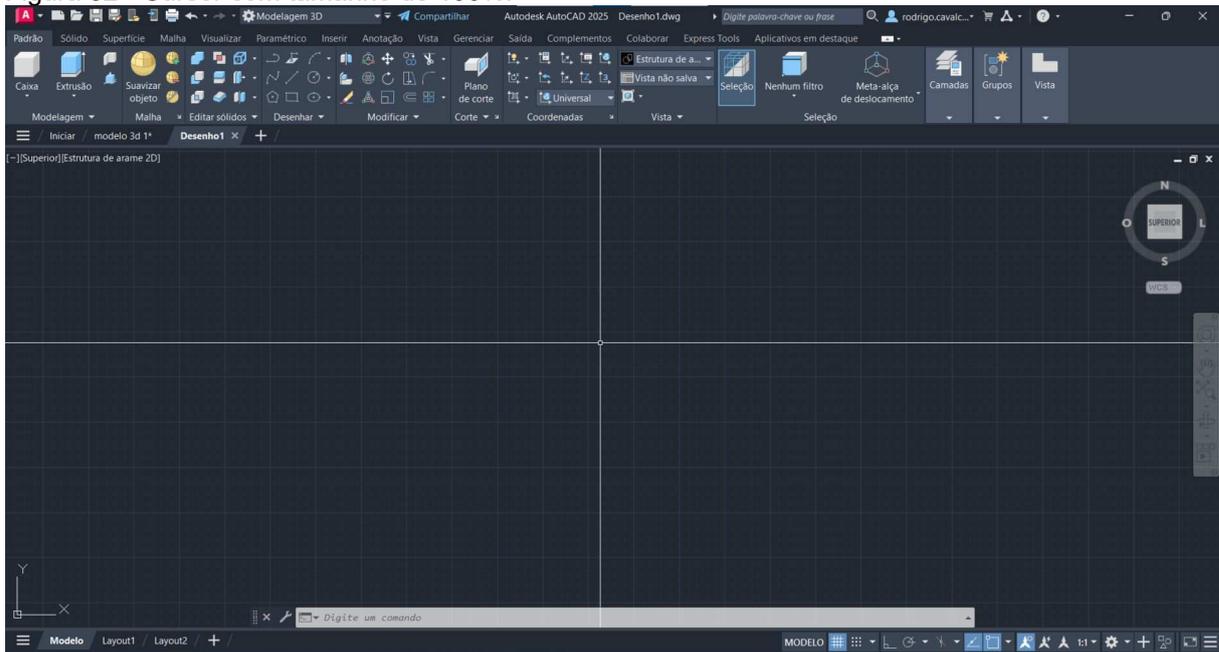
O comando CURSORSIZE define o tamanho do cursor de alça de mira, como uma porcentagem do tamanho da tela. Dessa forma, digite "CURSORSIZE" na linha de comando e pressione "Enter" no teclado. Aparecerá a mensagem "Inserir um novo valor para CURSORSIZE", digite "100" e pressione "Enter". A Figura 31 ilustra o cursor com tamanho de 5% e a Figura 32 ilustra o cursor com tamanho de 100%, respectivamente.

Figura 31 - Cursor com tamanho de 5%.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 32 - Cursor com tamanho de 100%.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.2.2 Comando Deflimite

O comando DEFLIMITE define um limite retangular invisível na área do desenho, que pode limitar a exibição em grade e limitar os cliques ou inserção de localizações de pontos. A área deve ser escolhida de acordo com o projeto, necessitando informar apenas as coordenadas do canto inferior esquerdo e as coordenadas do canto superior direito.

Como exemplo, digite “DEFLIMITE” na linha de comando e pressione “Enter”. Aparecerá a mensagem “Especificar o canto inferior esquerdo”, pressione “Enter” para confirmar as coordenadas (0, 0). Em seguida, aparecerá a mensagem “Especificar o canto superior direito”, digite “100,100” e pressione “Enter” para definir as coordenadas (100, 100).

5.1.2.3 Comando Griddisplay

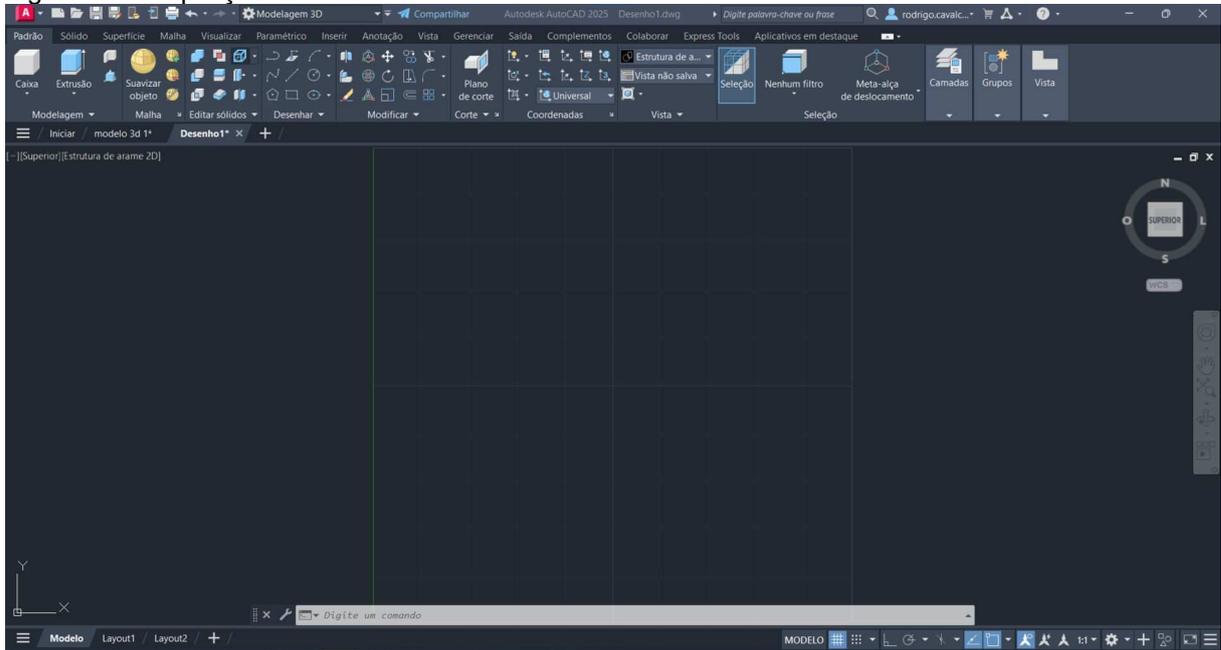
O comando GRIDDISPLAY controla o comportamento de exibição e exibe os limites da grade. Digite “GRIDDISPLAY” e pressione “Enter”. Aparecerá a seguinte mensagem “Inserir o novo valor para GRIDDISPLAY”, digite “0” e pressione “Enter”. O valor “0” restringe a grade para a área especificada pelo comando DEFLIMITE.

5.1.2.4 Comando Zoom

O comando ZOOM aumenta ou diminui a ampliação da vista na viewport atual. Digite “Zoom” e pressione “Enter”. Em seguida, digite “TOtal” e pressione “Enter” mais uma vez. Dessa forma, a ampliação da vista pode ser ajustada para acomodar as extensões de todos os objetos visíveis no desenho ou auxílios visuais,

como limites de grade. A Figura 33 ilustra a ampliação da vista após as definições realizadas através dos comandos DEFLIMITE e GRIDDISPLAY.

Figura 33 - Ampliação da vista.

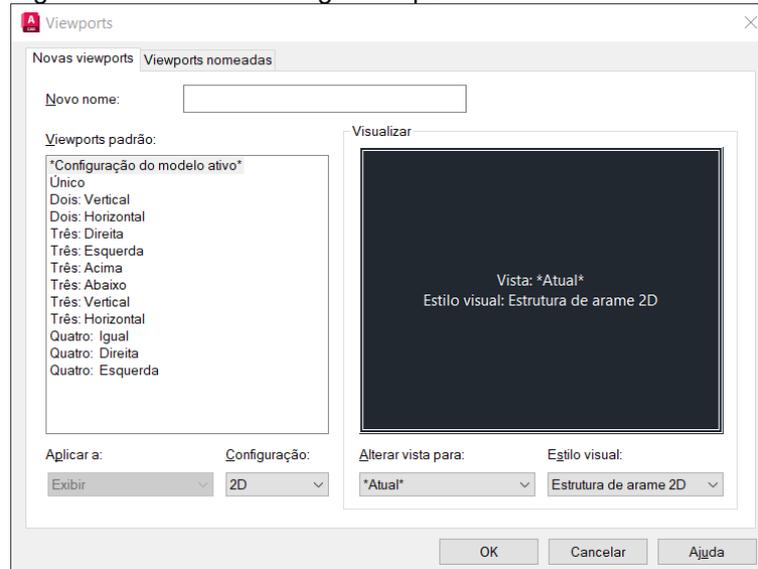


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.2.5 Comando Vports

O comando VPORTS cria múltiplas viewports no espaço de modelo ou em um layout. Digite "VPORTS" e pressione "Enter". Aparecerá uma caixa de diálogo conforme ilustrado através da Figura 34.

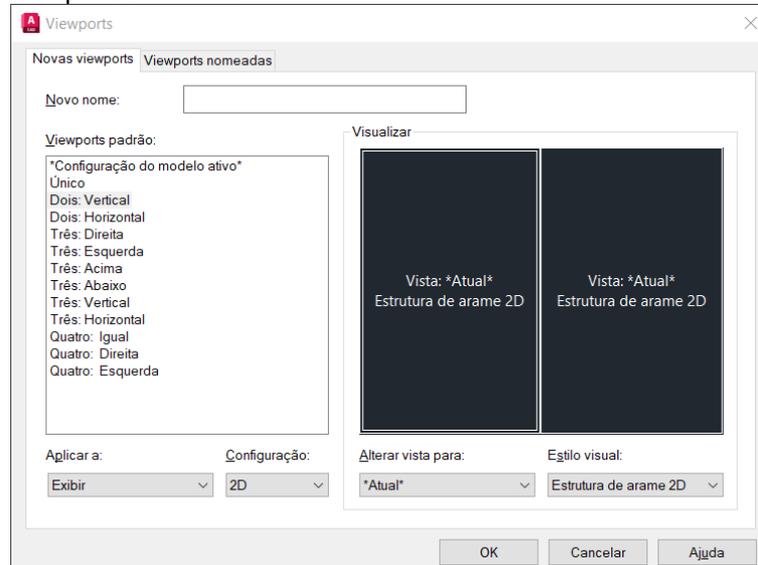
Figura 34 - Caixa de diálogo Viewports.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Seguindo o exemplo, selecione a opção “Dois: Vertical” na caixa “Viewports padrão” conforme ilustrado através da Figura 35.

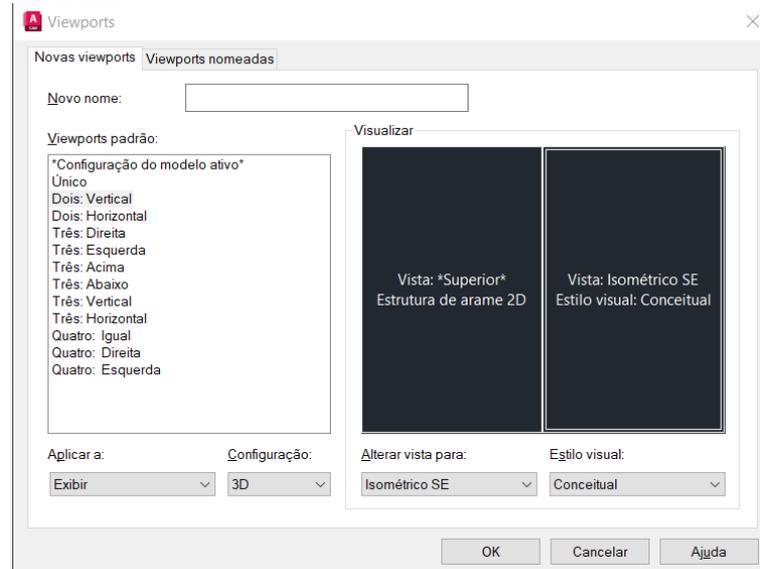
Figura 35 - Caixa de diálogo Viewport configurada para duas viewports verticais.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na caixa “Visualizar” selecione a vista da direita. Na opção “Configuração” selecione “3D” e na opção “Estilo Visual” selecione “Conceitual”. A Figura 36 ilustra a configuração final.

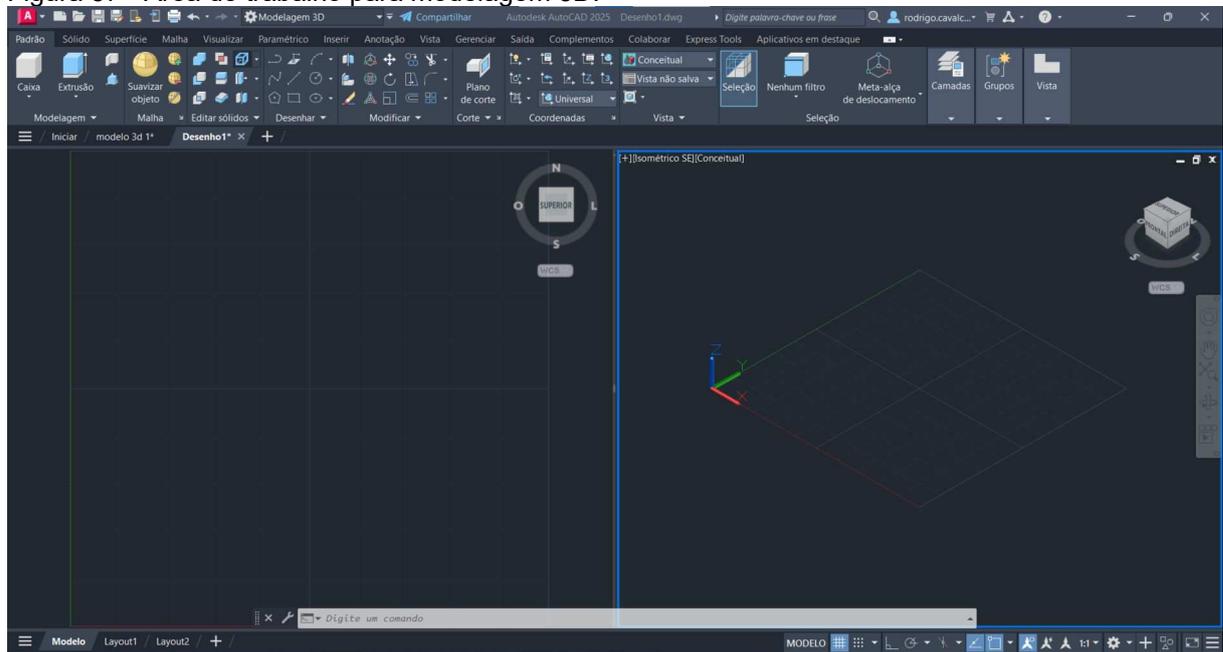
Figura 36 - Caixa de diálogo Viewport configurada para vista 2D e 3D.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 37 ilustra como a área de trabalho ficará após a configuração.

Figura 37 - Área de trabalho para modelagem 3D.

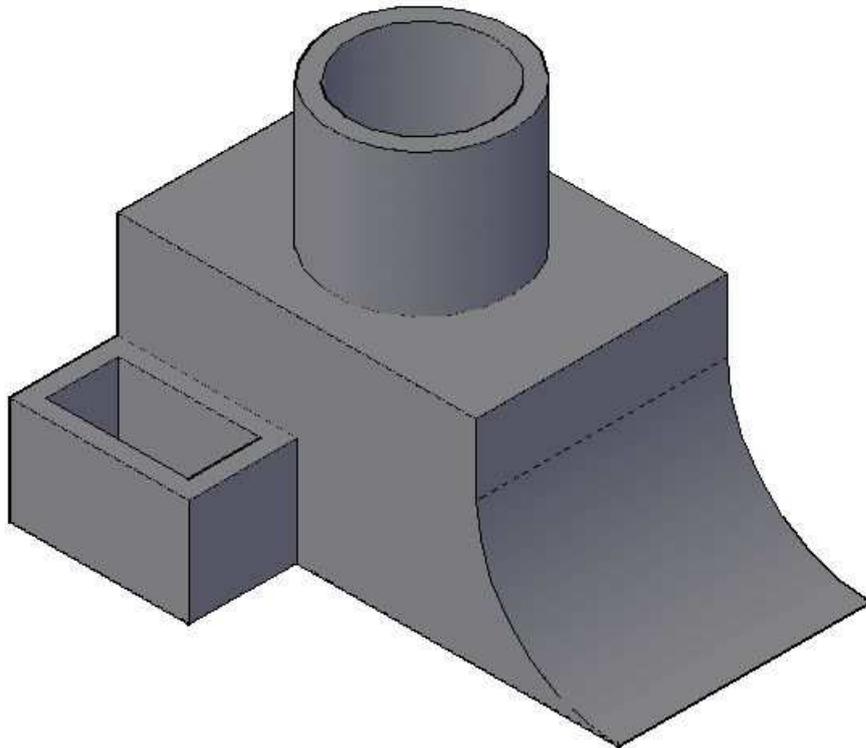


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3 Exemplo para modelagem 3D

O modelo ilustrado na Figura 38 será utilizado como exemplo para modelagem 3D.

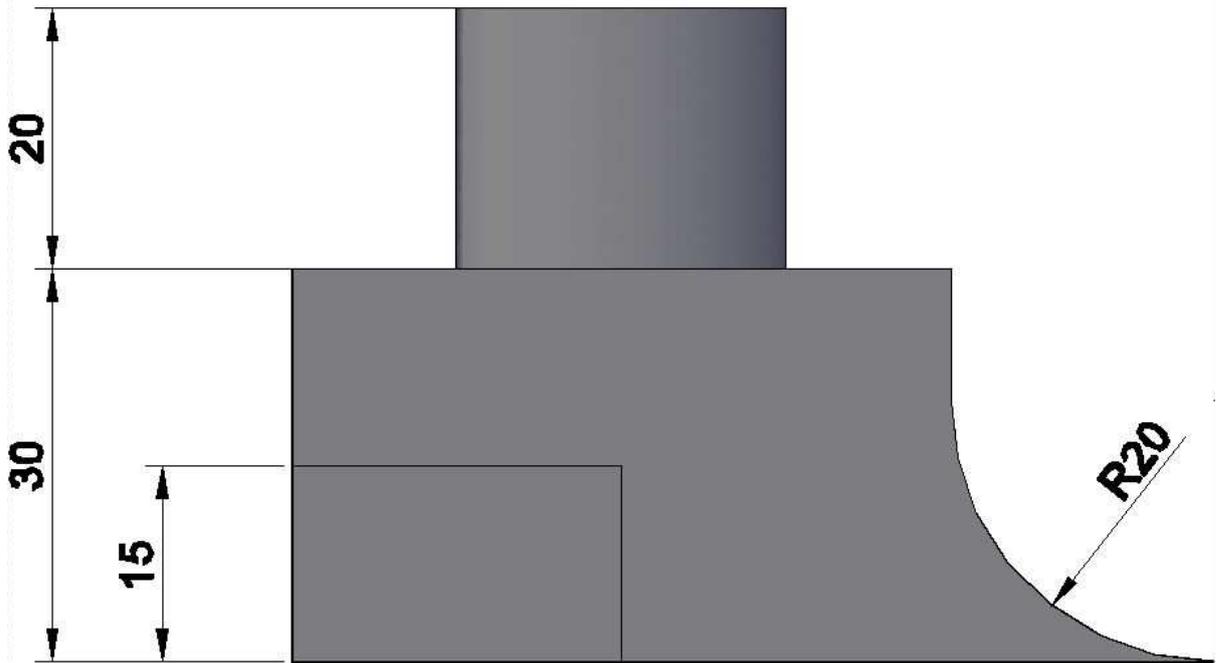
Figura 38 - Objeto para exemplo de modelagem 3D.



Fonte: Elaborada pelos autores.

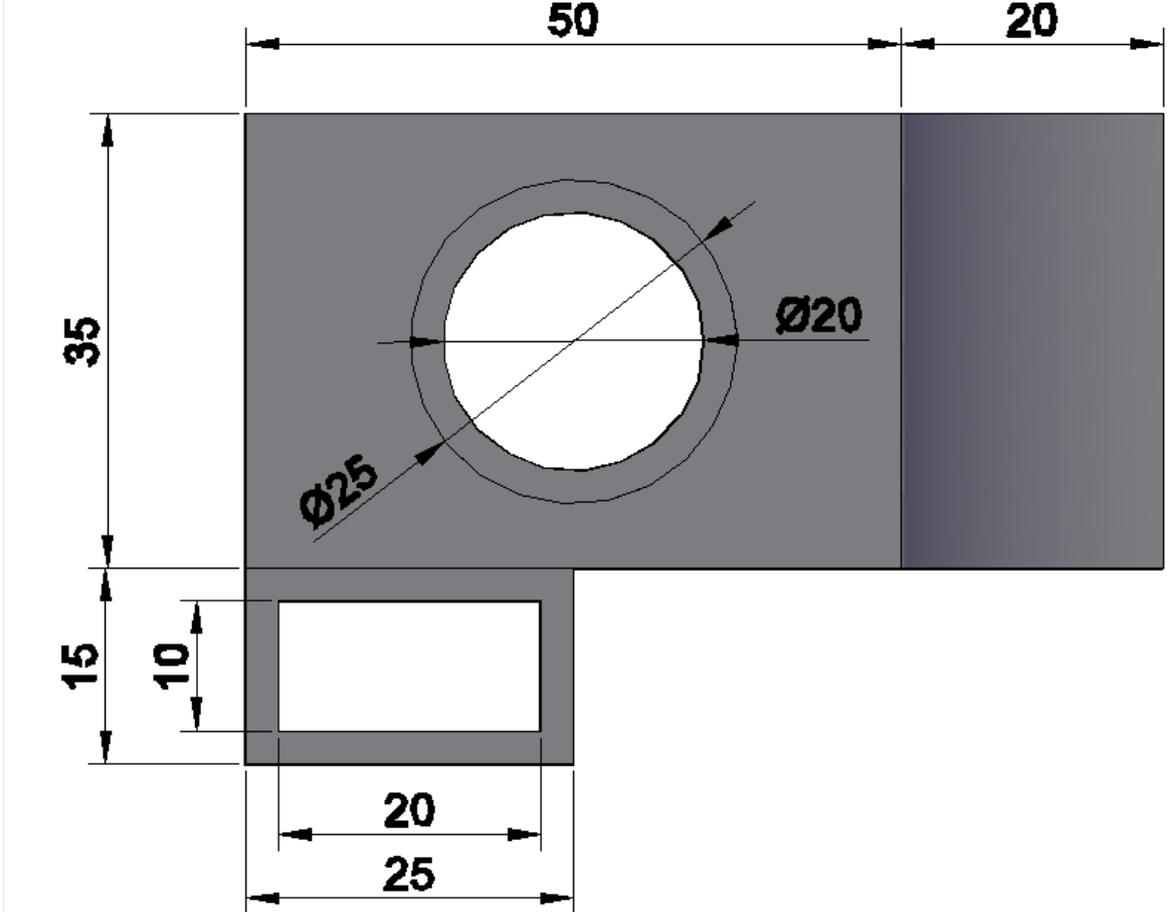
As cotas são ilustradas através das Figuras 39 e 40. Vale lembrar que todas as medidas são em milímetros.

Figura 39 - Vista frontal.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 40 - Vista superior.

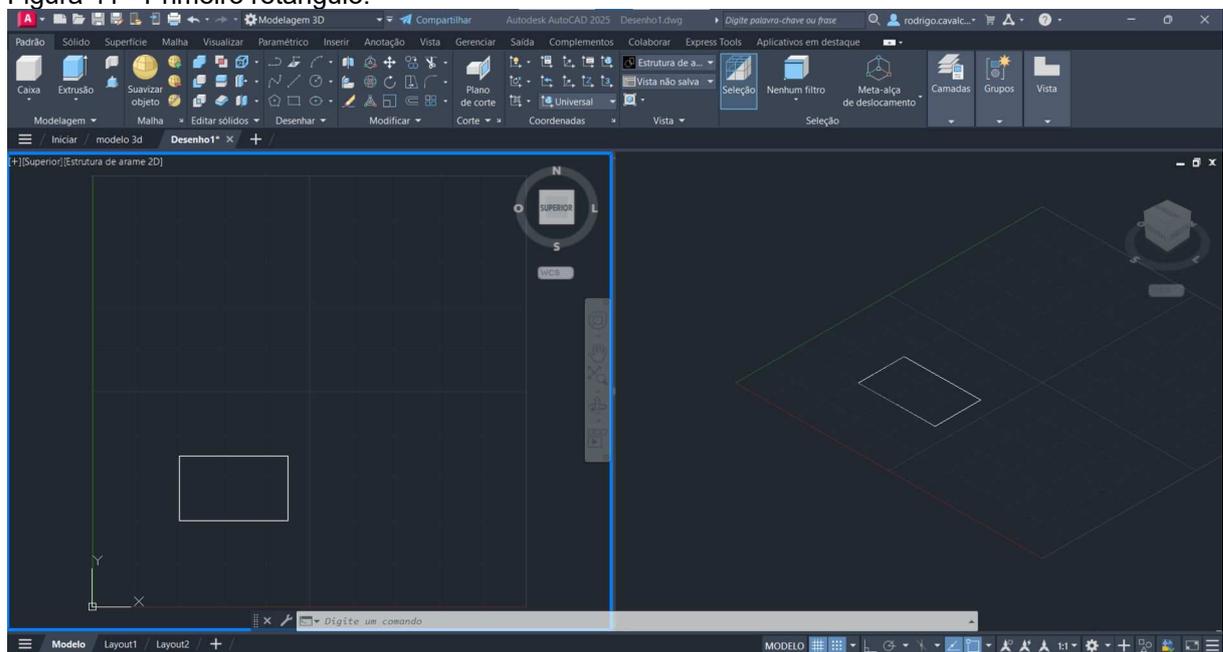


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.1 Comando Retangulo

O comando RETANGULO cria uma polilinha retangular com base nos parâmetros especificados. Inicialmente, selecione a viewport 2D. Digite “**RET**angulo” e pressione “Enter”. Em seguida, digite “20,20” e pressione “Enter” para definir o primeiro canto do retângulo na coordenada (20, 20). Agora, digite “45,35” para definir o segundo canto do retângulo na coordenada (45, 35). A Figura 41 ilustra o resultado após o comando.

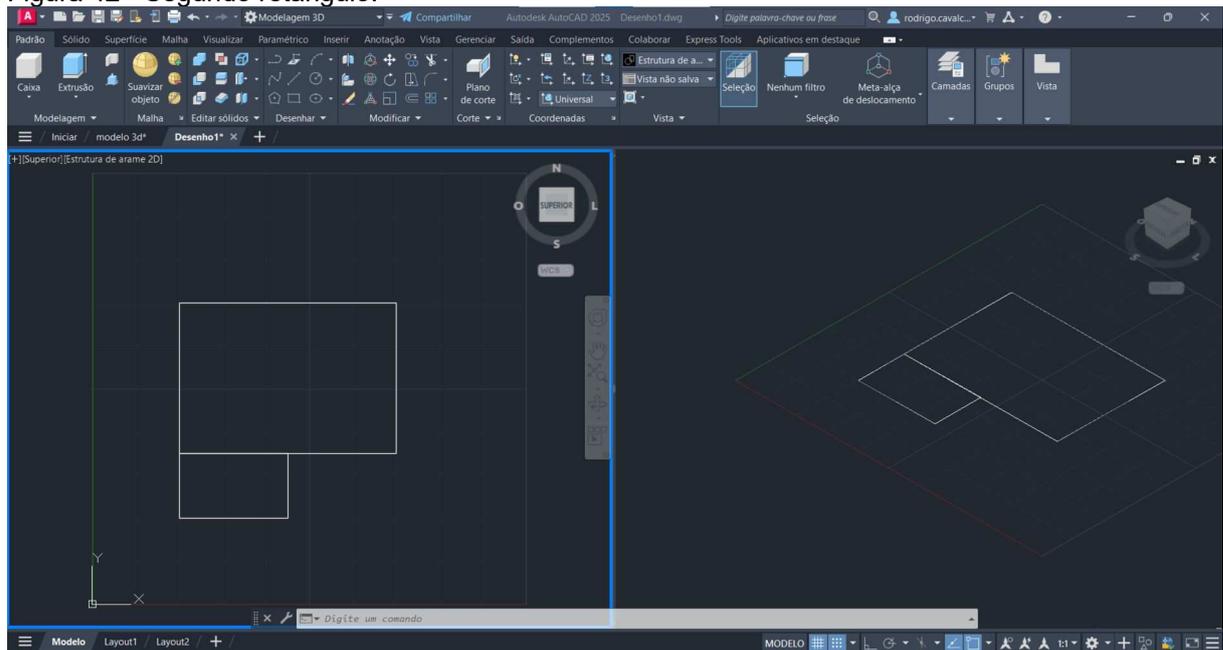
Figura 41 - Primeiro retângulo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, digite novamente “**RET**angulo” pressione “Enter”. Em seguida, digite “20,35” e pressione “Enter” para definir o primeiro canto do retângulo na coordenada (20, 35). Agora, digite “70,70” para definir o segundo canto do retângulo na coordenada (70, 70). A Figura 42 ilustra o resultado após o comando.

Figura 42 - Segundo retângulo.

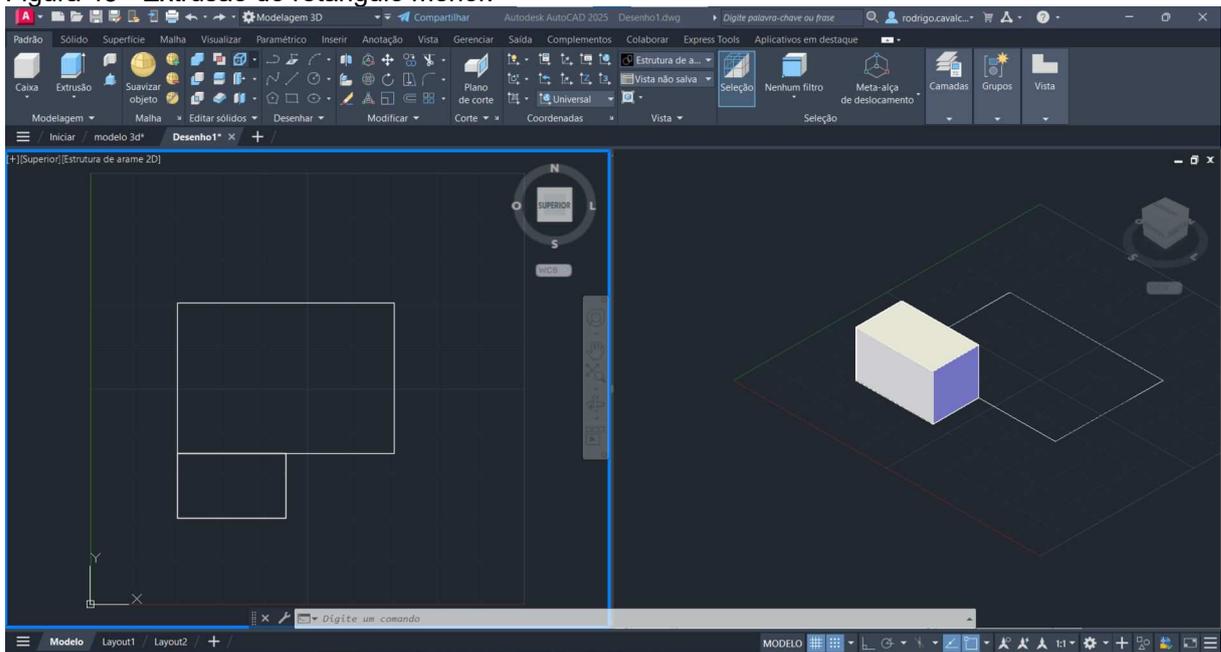


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.2 Comando Extrusão

O comando EXTRUSAO cria um sólido 3D de um objeto que delimita uma área ou superfície 3D a partir de um objeto com extremidades abertas. Digite “**EX**trusão” e pressione “Enter”. Selecione o retângulo menor e pressione “Enter” novamente. Agora, digite “15” para definir a altura do objeto e pressione “Enter” mais uma vez. A Figura 43 ilustra o resultado após o comando.

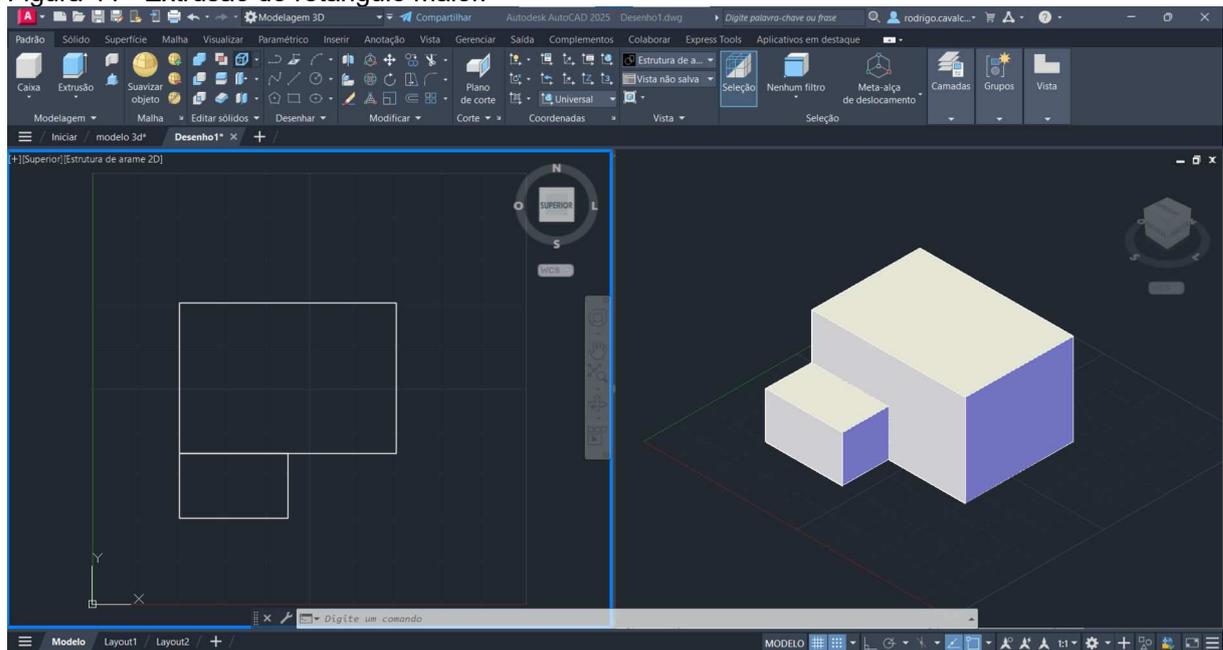
Figura 43 - Extrusão do retângulo menor.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, digite novamente o comando “EXtrusao” e pressione “Enter”. Em seguida, selecione o retângulo maior e pressione “Enter”. Agora, digite “30” para definir a altura do objeto. A Figura 44 ilustra o resultado obtido.

Figura 44 - Extrusão do retângulo maior.

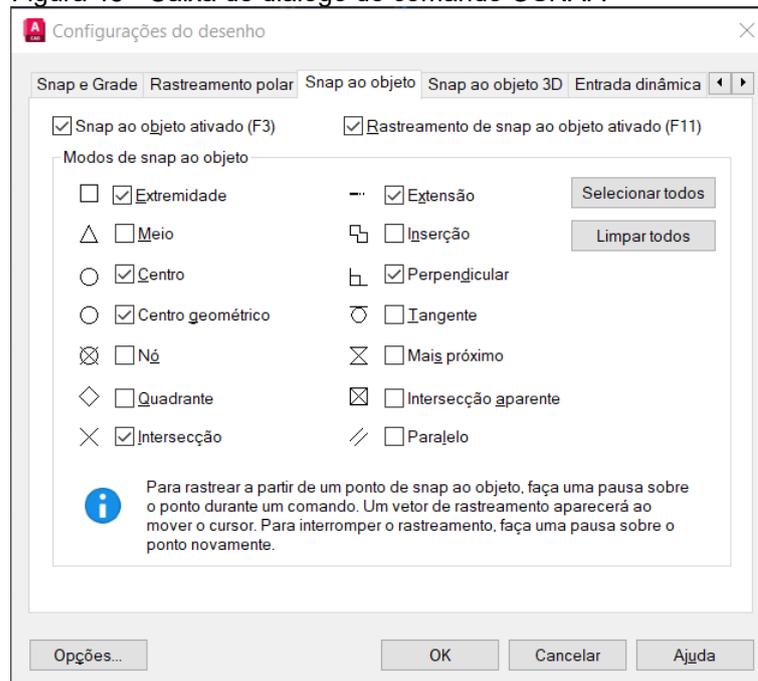


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.3 Comando Osnap

Os snaps a objeto fornecem uma forma de especificar localizações precisas em objetos sempre que for solicitado a inserir um novo ponto dentro de um comando. Digite "OSNAP" e pressione "Enter". Aparecerá a caixa de diálogo ilustrada através da Figura 45.

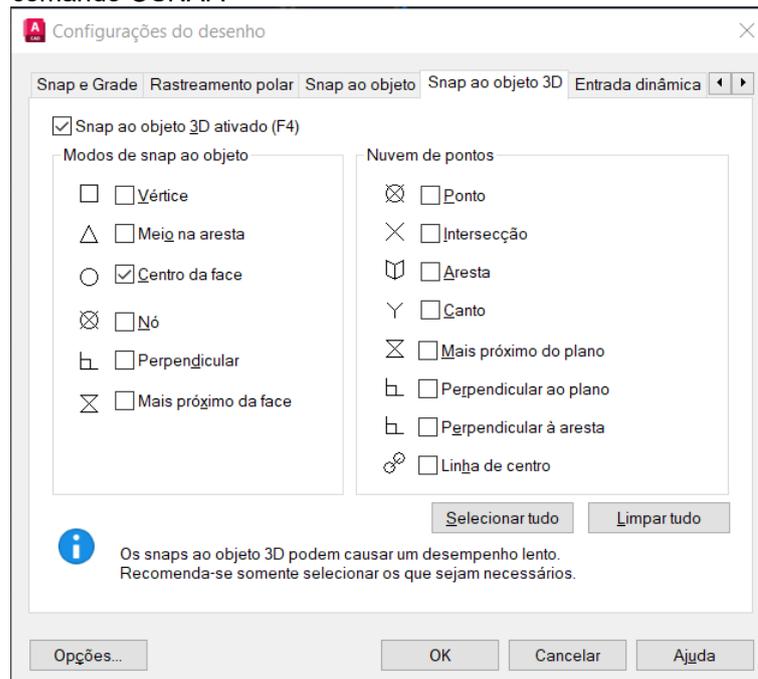
Figura 45 - Caixa de diálogo do comando OSNAP.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, na guia “Snap ao objeto 3D” marque a caixa de seleção “Snap ao objeto 3D ativado (F4)”. Na caixa “Modos de snap ao objeto” marque a caixa de seleção “Centro da face”. A Figura 46 ilustra a configuração realizada.

Figura 46 - Guia “Snap ao objeto 3D” da caixa de diálogo do comando OSNAP.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.4 Comando Orthomode

O comando “ORTHOMODE” restringe o movimento do cursor na perpendicular. Digite “ORTHOMODE” e pressione “Enter”. Agora, digite “1” para ativar o recurso.

O modo ortogonal também pode ser ativado utilizando a barra de status ou pressionando F8 no teclado. A Figura 47 ilustra o botão do modo orto na barra de status.

Figura 47 - Botão "modo Orto" na barra de status.

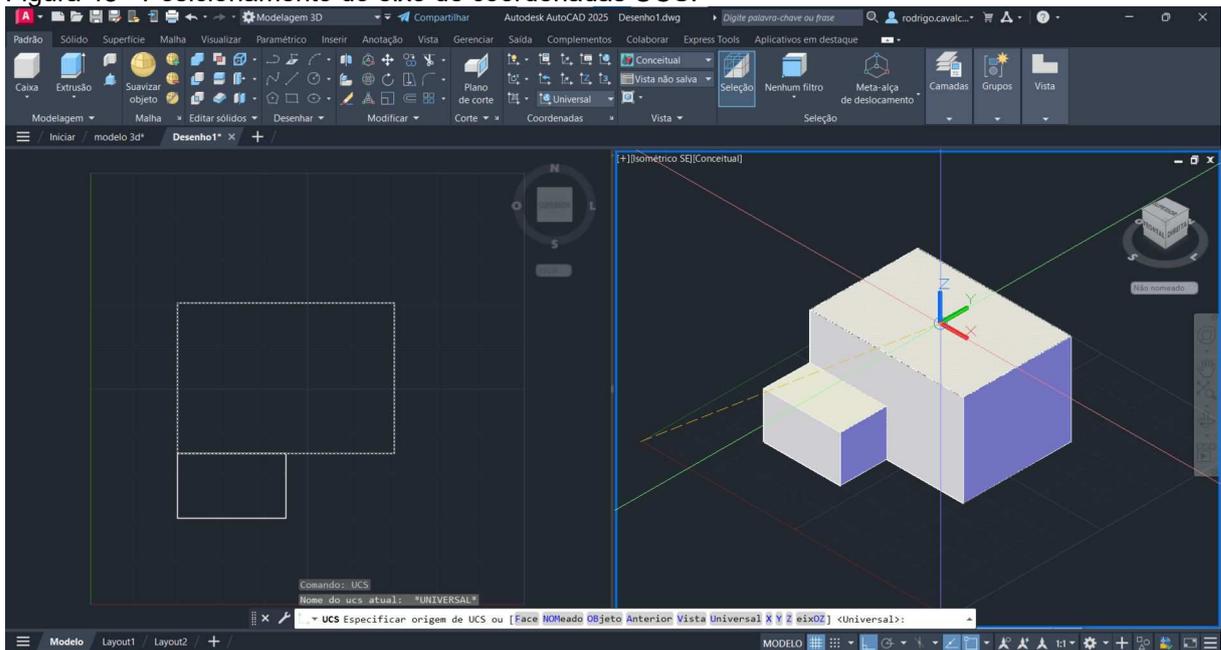


Fonte: (“AutoCAD 2025 Ajuda | Modo orto (botão da barra de status) | Autodesk”, [s.d.]

5.1.3.5 Comando Ucs

O comando UCS define a origem e a orientação do sistema de coordenadas do usuário. Com o “modo ortogonal” e o “snap ao centro da face” ativados, selecione a viewport 3D, digite “UCS” e pressione “Enter”. Posicione o cursor do mouse no centro da face do paralelepípedo maior conforme ilustra a Figura 48.

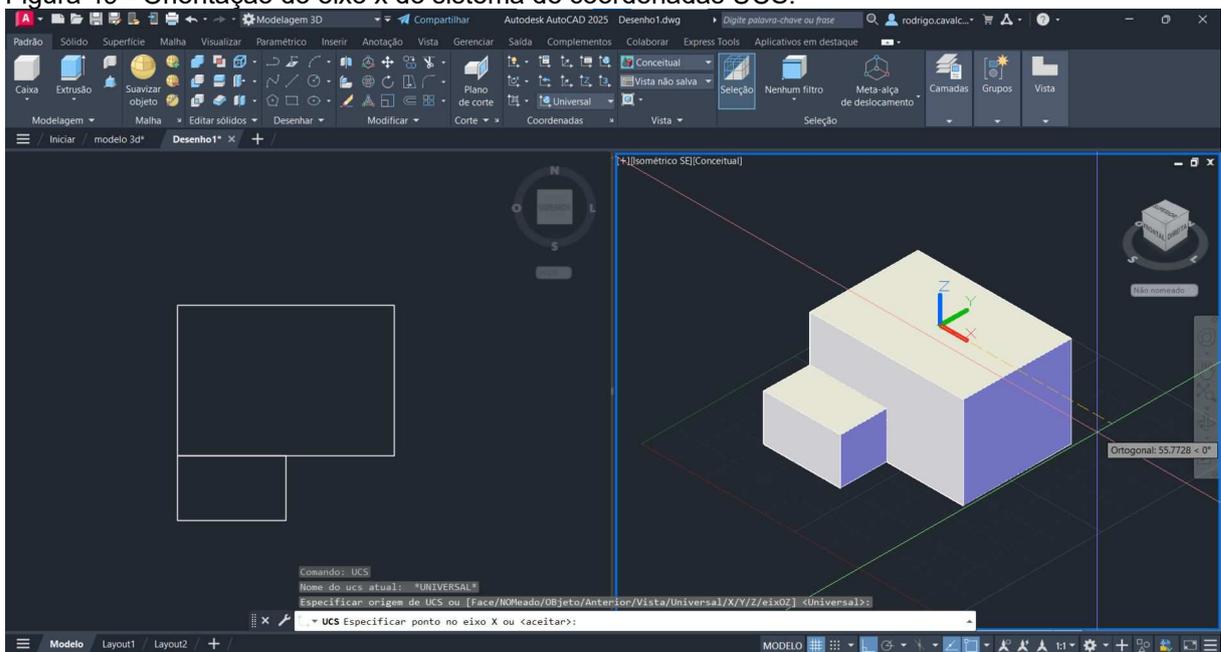
Figura 48 - Posicionamento do eixo de coordenadas UCS.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Confirme a posição pressionando o botão esquerdo do mouse. Agora, defina a orientação do eixo x conforme ilustrado através da Figura 49, utilize o botão esquerdo do mouse novamente para confirmar.

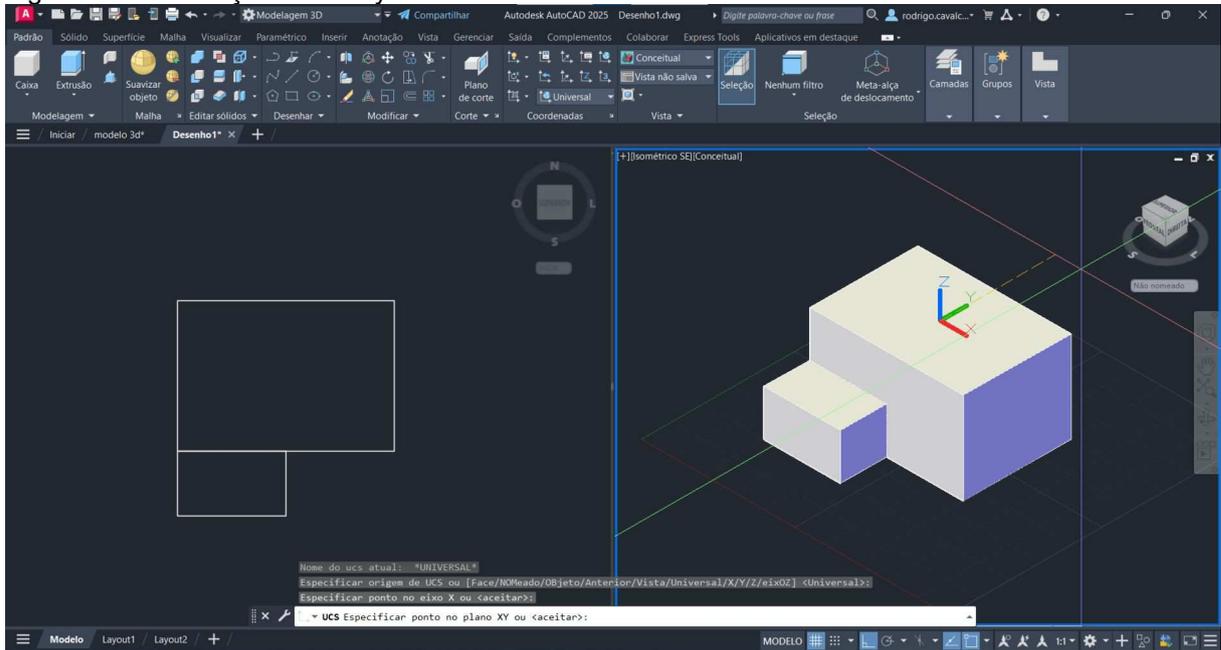
Figura 49 - Orientação do eixo x do sistema de coordenadas UCS.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Por fim, confirme a orientação do eixo y conforme ilustra a Figura 50.

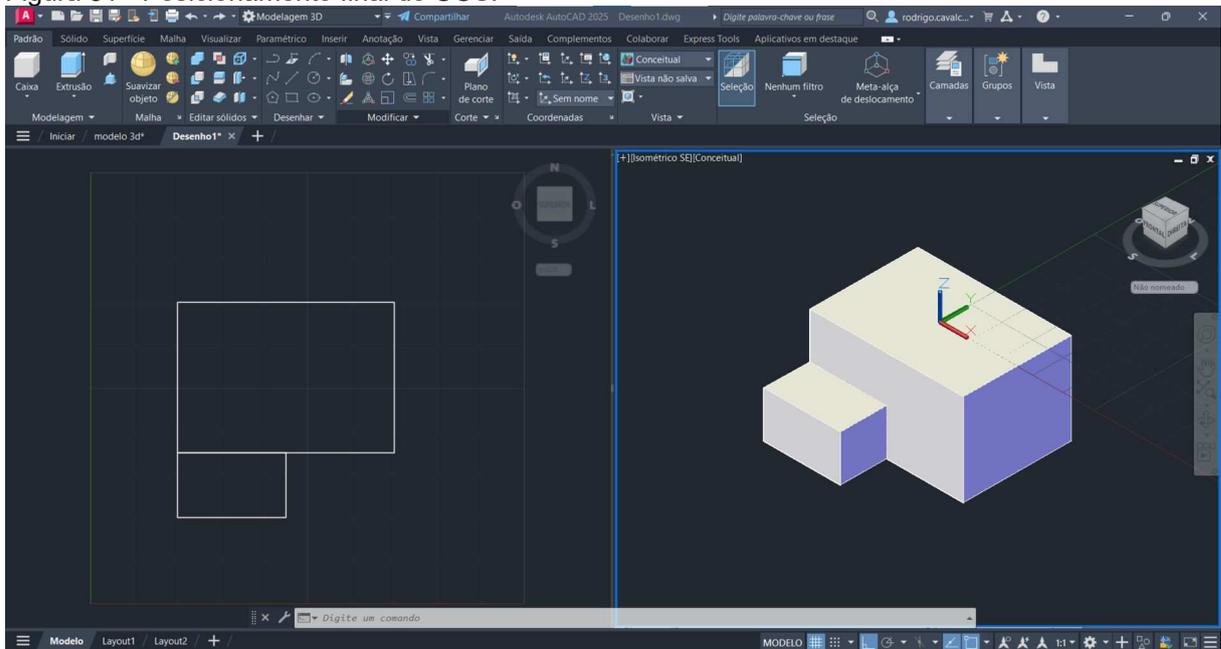
Figura 50 - Orientação do eixo y e do sistema de coordenadas UCS.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O resultado final é ilustrado através da Figura 51.

Figura 51 - Posicionamento final do UCS.

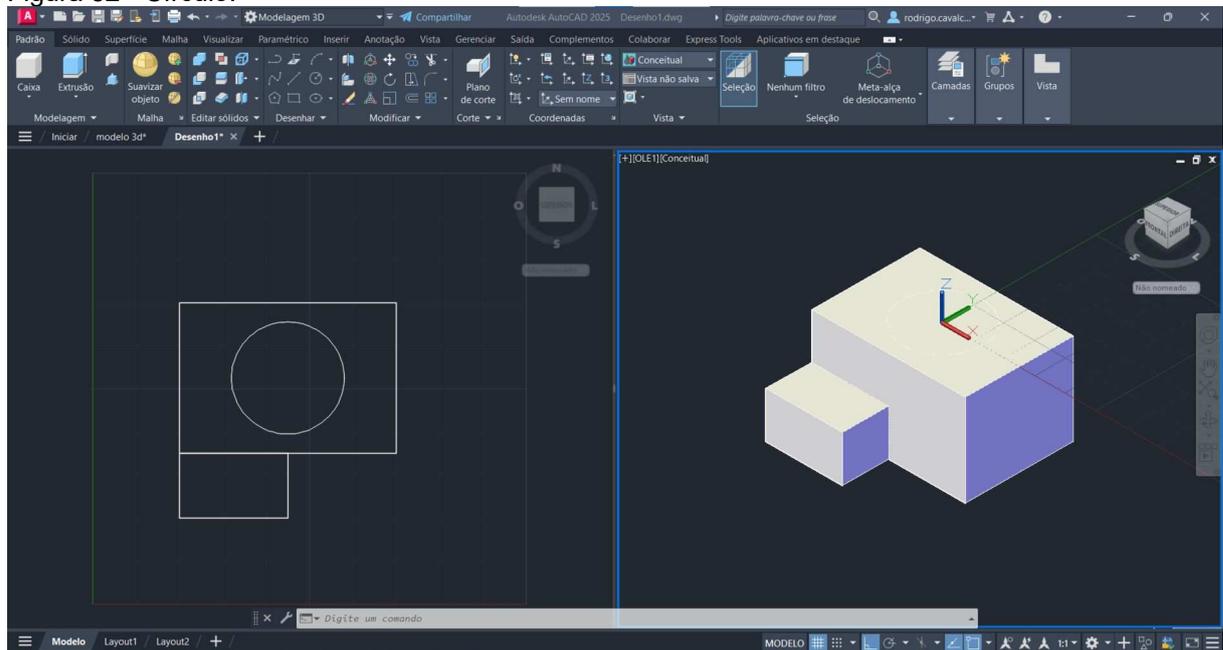


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.6 Comando Circulo

O comando CIRCULO cria um círculo. Digite “**C**irculo” e pressione “Enter”. Digite “0,0” para colocar o centro do círculo na coordenada (0, 0). Agora, digite 12.5 e pressione “Enter” para definir o raio do círculo. A Figura 52 ilustra o resultado obtido.

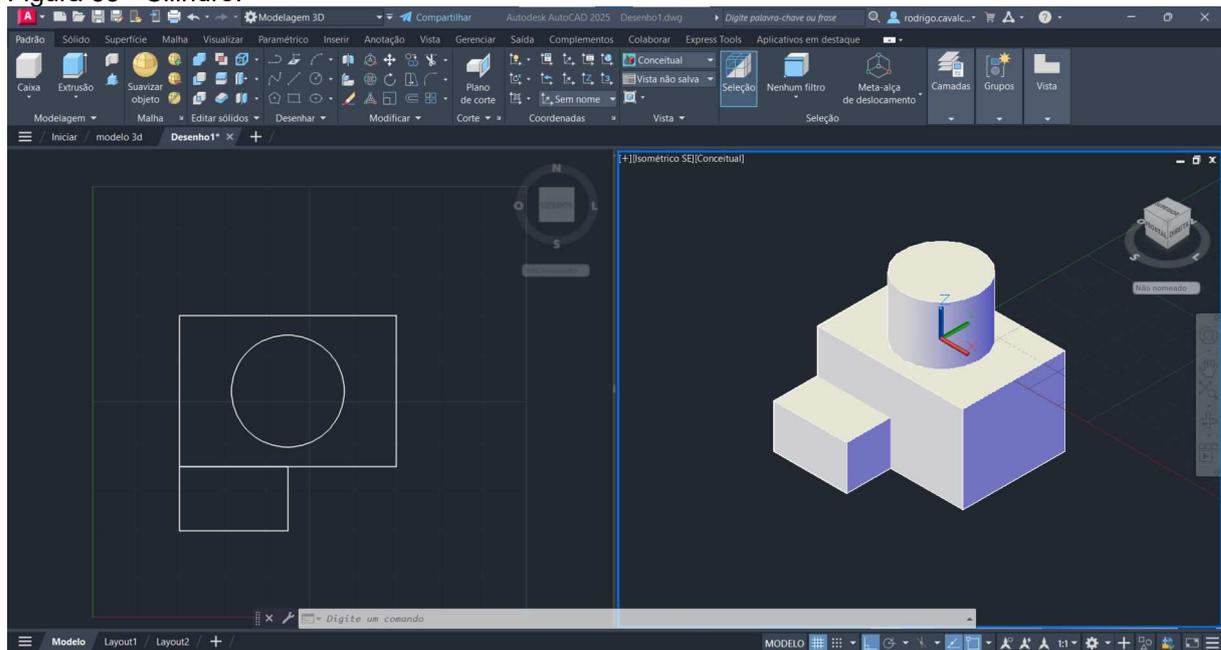
Figura 52 - Círculo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, para formar o cilindro digite “**EX**trusao” e selecione o círculo criado e pressione “Enter”. Em seguida, digite “20” para definir a altura do cilindro. A Figura 53 ilustra o cilindro obtido.

Figura 53 - Cilindro.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.7 Comando Uniao

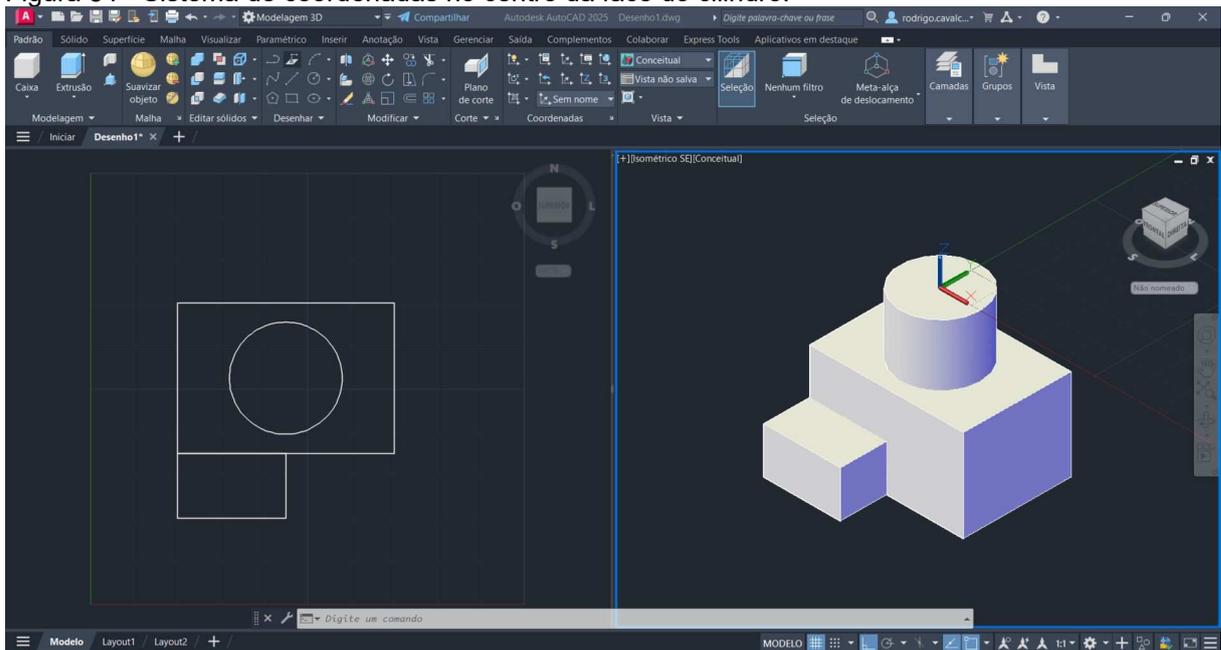
O comando UNIAO permite combinar dois ou mais sólidos 3D, superfícies ou regiões 2D em um único sólido 3D composto, superfície ou região. Digite "UNIAO", selecione os três sólidos e pressione "Enter" para combina-los.

5.1.3.8 Comando Subtrair

O comando SUBTRAIR cria um novo objeto ao subtrair uma região sobreposta ou sólido 3D de outra. Esse comando auxiliará na construção do furo no cilindro.

Inicialmente, precisamos mudar a origem do sistema de coordenadas para o centro da face superior do cilindro através do comando UCS. A Figura 54 ilustra a nova posição do sistema de coordenadas.

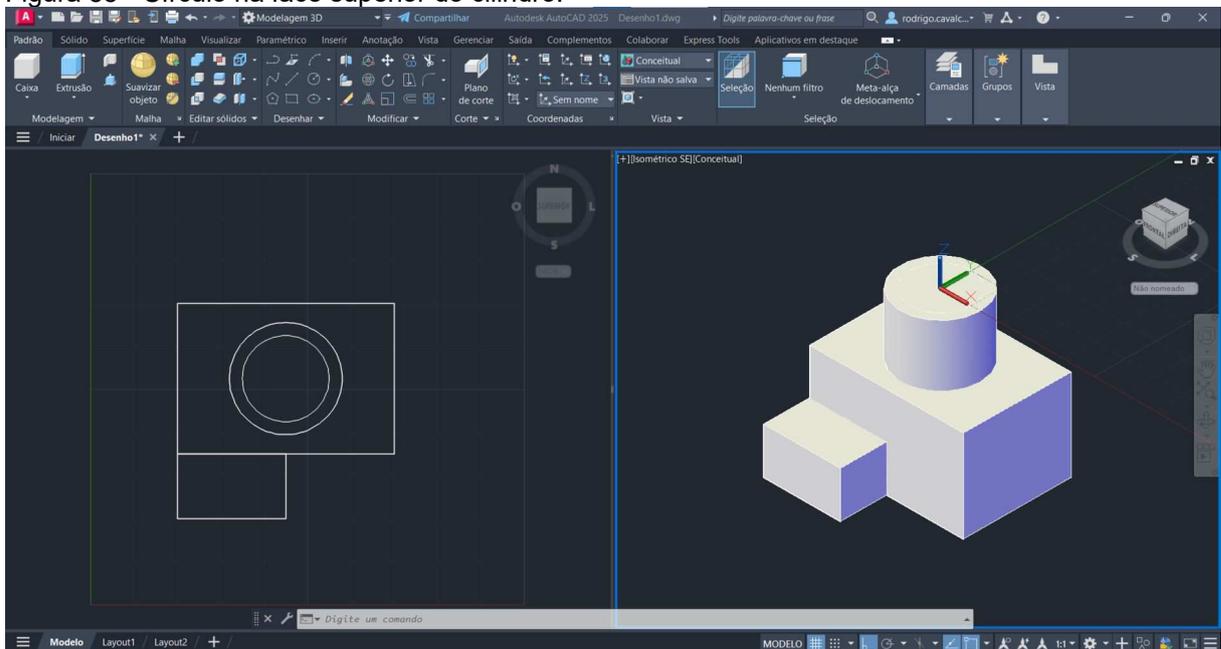
Figura 54 - Sistema de coordenadas no centro da face do cilindro.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, vamos fazer um círculo de raio 10 na origem do sistema de coordenadas, conforme ilustra a Figura 55.

Figura 55 - Círculo na face superior do cilindro.

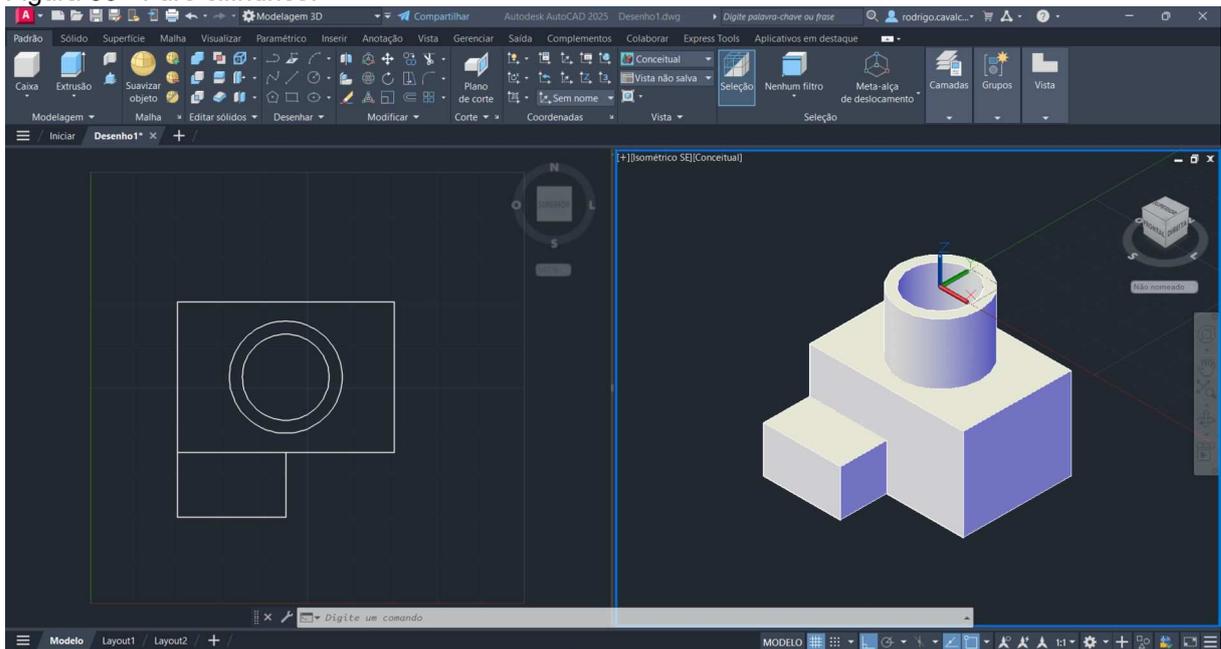


Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, é necessário realizar a extrusão do círculo para criar um cilindro de raio 10. Portanto, digite “**EX**trusão” e pressione “Enter”. Digite “-50” para que a extrusão seja feita no sentido negativo do eixo z.

Por fim, digite “**SUB**TRAIR” e pressione “Enter”. Selecione o primeiro objeto e pressione “Enter”. Em seguida, selecione o segundo objeto e pressione “Enter” novamente. A Figura 56 ilustra o resultado obtido.

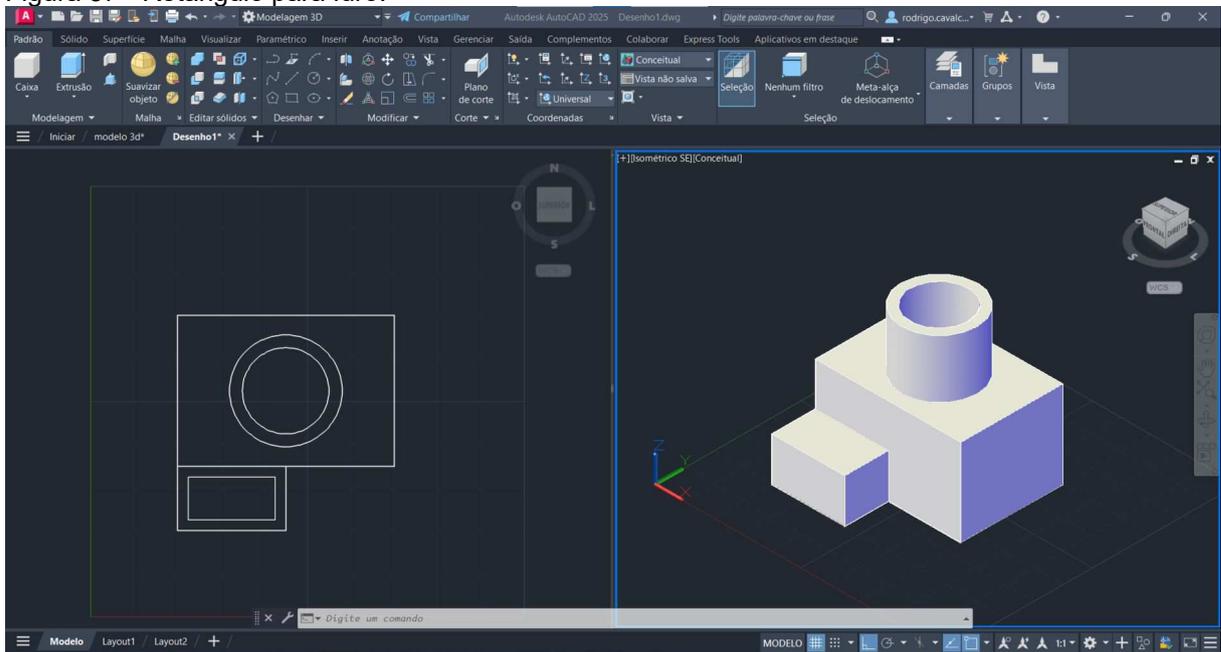
Figura 56 - Furo cilíndrico.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O mesmo procedimento pode ser realizado para o furo no paralelepípedo menor. Inicialmente, retorne o sistema de coordenadas para a posição original. Digite “**UCS**” e pressione “Enter” duas vezes. Agora, crie um retângulo através do comando “**RET**ângulo”, para o primeiro canto digite “22.5,22.5” e para o segundo canto digite “42.5,32.5”. A Figura 57 ilustra o novo retângulo.

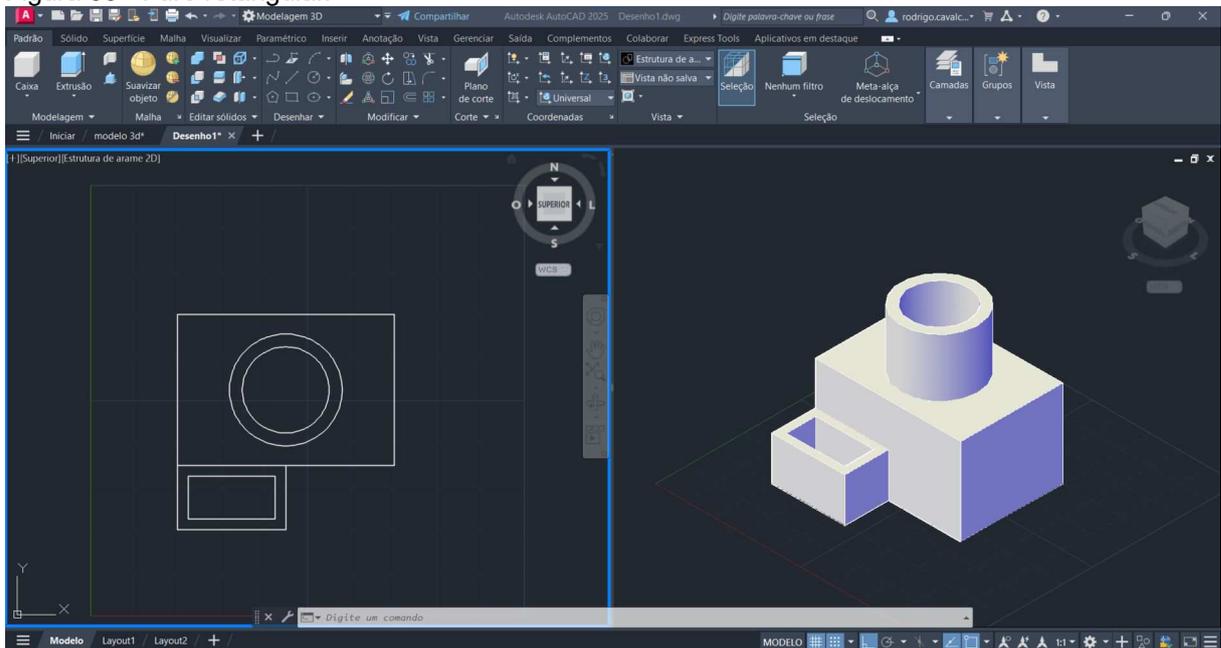
Figura 57 - Retângulo para furo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na vista 2D, utilize o comando “EXtrusão” e selecione o retângulo criado. Digite “15” para definir a altura e pressione “Enter”. Logo após, utilize o comando “SUBTRAIR”, selecione o primeiro objeto e pressione “Enter” e então selecione o segundo objeto e pressione “Enter” novamente. A Figura 58 ilustra o resultado.

Figura 58 - Furo retangular.

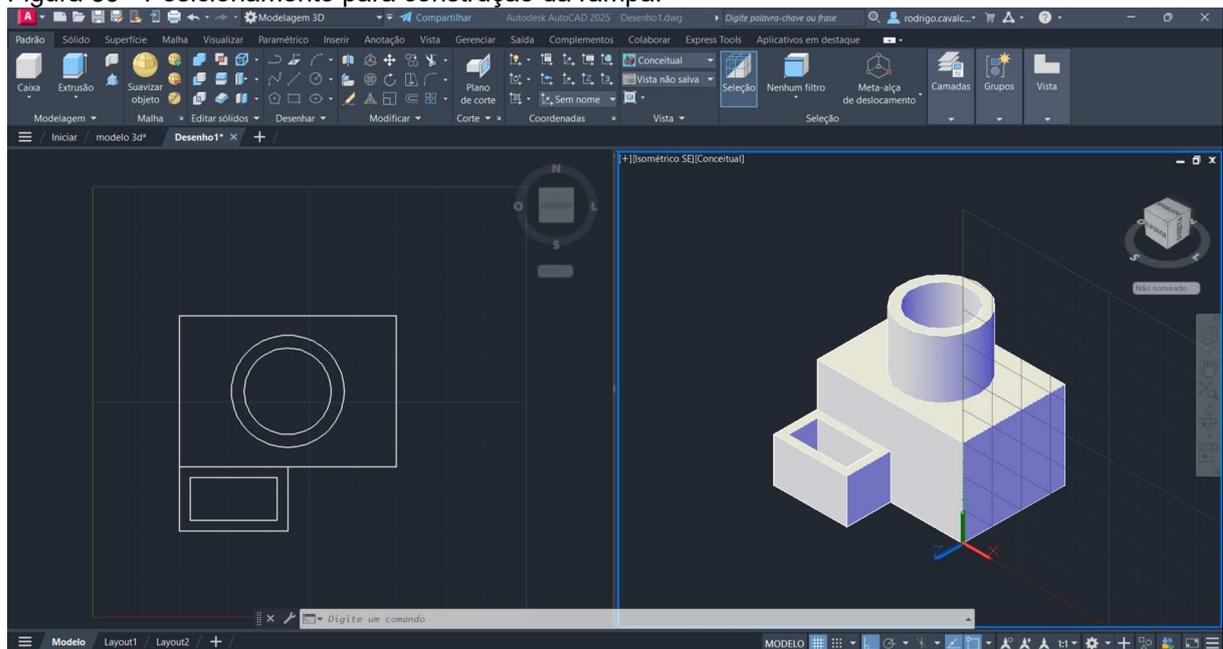


5.1.3.9 Comando Plinha

O comando PLINHA cria uma polilinha 2D, um objeto único que é composto de segmentos de linha e arco.

Inicialmente, mude o sistema de coordenadas para o canto inferior direito do paralelepípedo maior através da vista 3D. A Figura 59 ilustra o novo posicionamento.

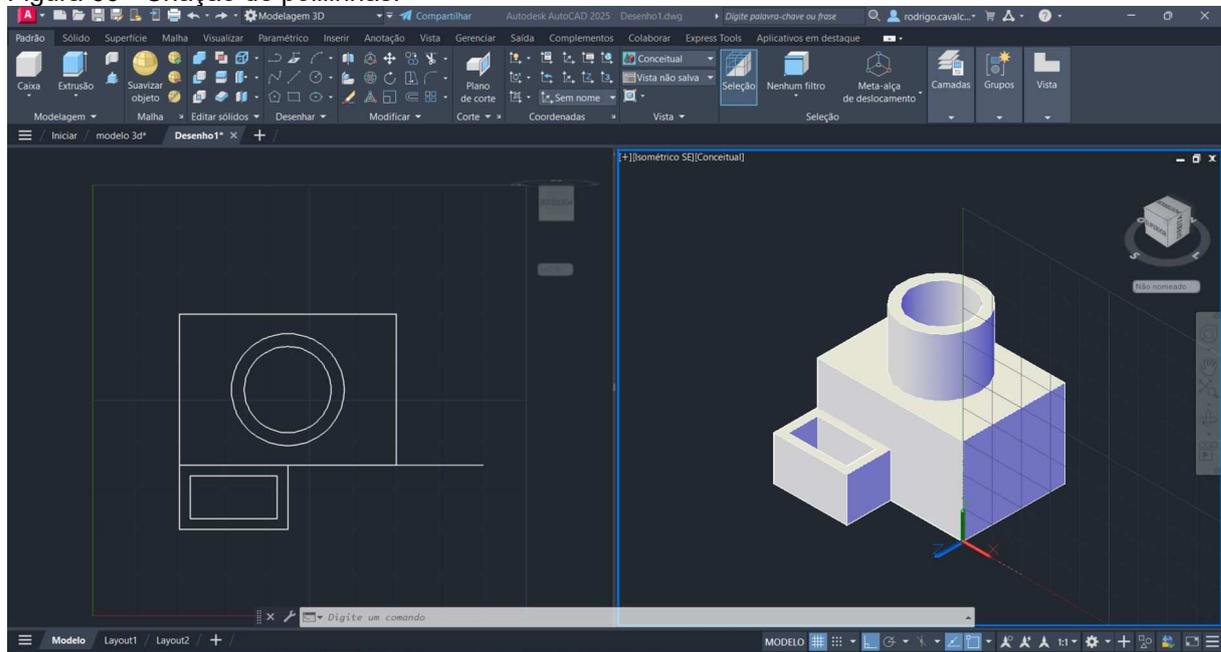
Figura 59 - Posicionamento para construção da rampa.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, digite “**PLinha**” e pressione “Enter”. Digite “0,0” para o ponto inicial e pressione “Enter”. Em seguida, digite “0,20” para o ponto final e pressione “Enter”. Pressione “Esc” para sair o comando. Vamos fazer outra linha, então digite novamente “**PLinha**”, pressione “Enter”, depois “0,0” para o ponto inicial e pressione “Enter”. Em seguida, digite “20,0” para o ponto final, pressione “Enter” e então pressione “Esc” para sair o comando. A Figura 60 ilustra o resultado.

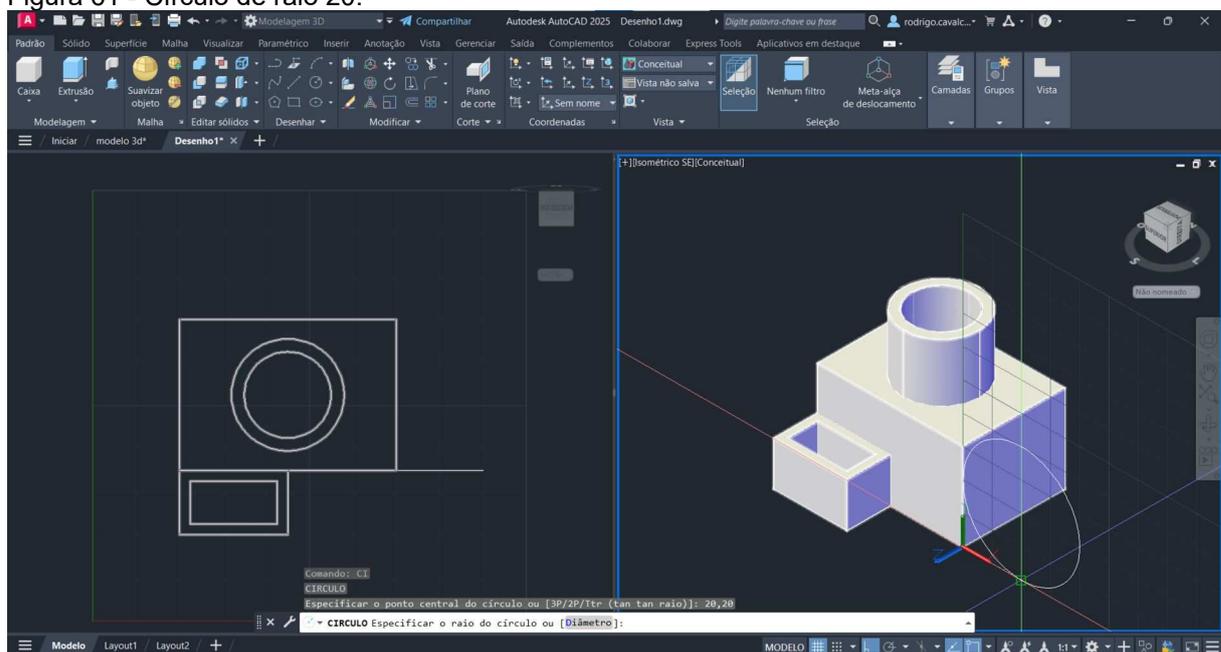
Figura 60 - Criação de polilinhas.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, utilizando o comando “**C**irculo” defina o centro do círculo digitando “20,20” e pressionando “Enter” sem seguida. Então, selecione a extremidade da polilinha conforme ilustra a Figura 61 para definir um círculo de raio 20.

Figura 61 - Círculo de raio 20.

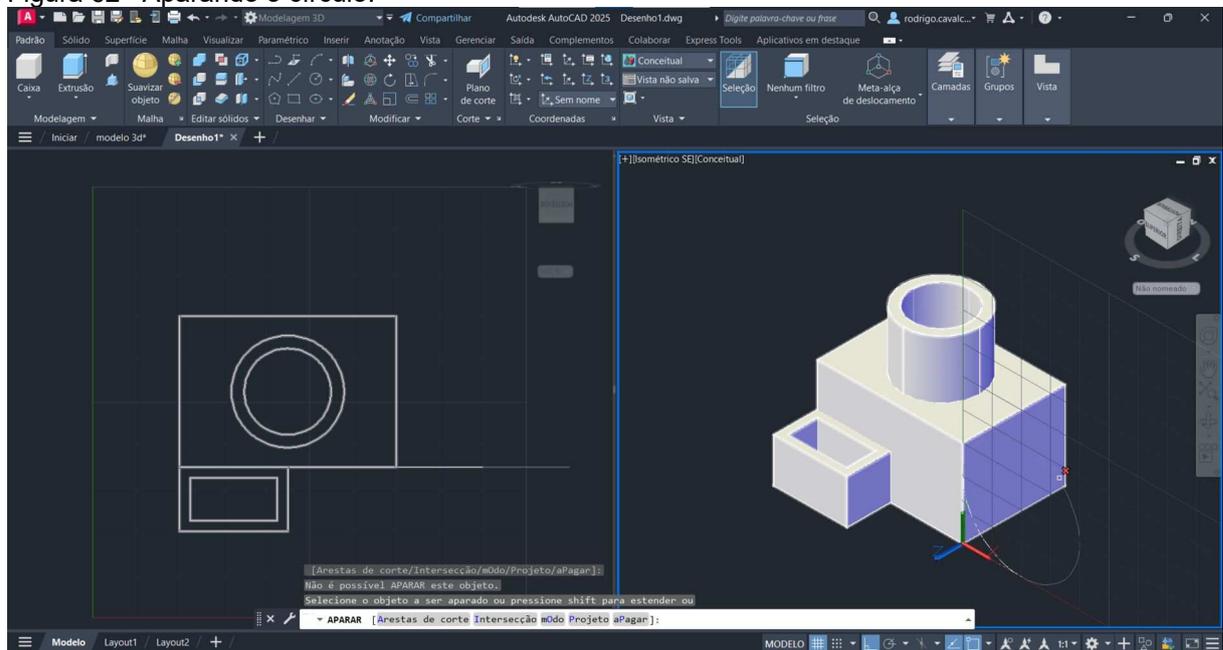


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.10 Comando Aparar

O comando APARAR é usado para aparar objetos que tocam as arestas de outro objeto. Digite “APARAR” e pressione “Enter”. Clique na parte do círculo conforme ilustrado na Figura 62.

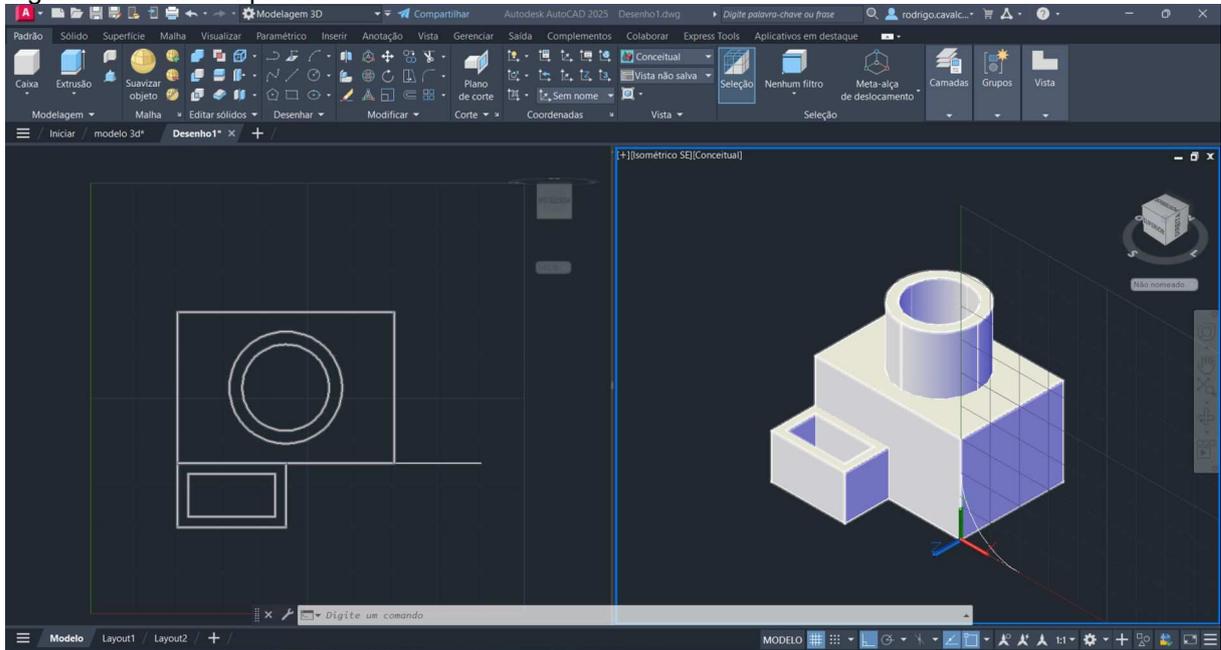
Figura 62 - Aparando o círculo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Pressione “Esc” para sair do comando. O resultado final é ilustrado através da Figura 63.

Figura 63 - Círculo aparado.

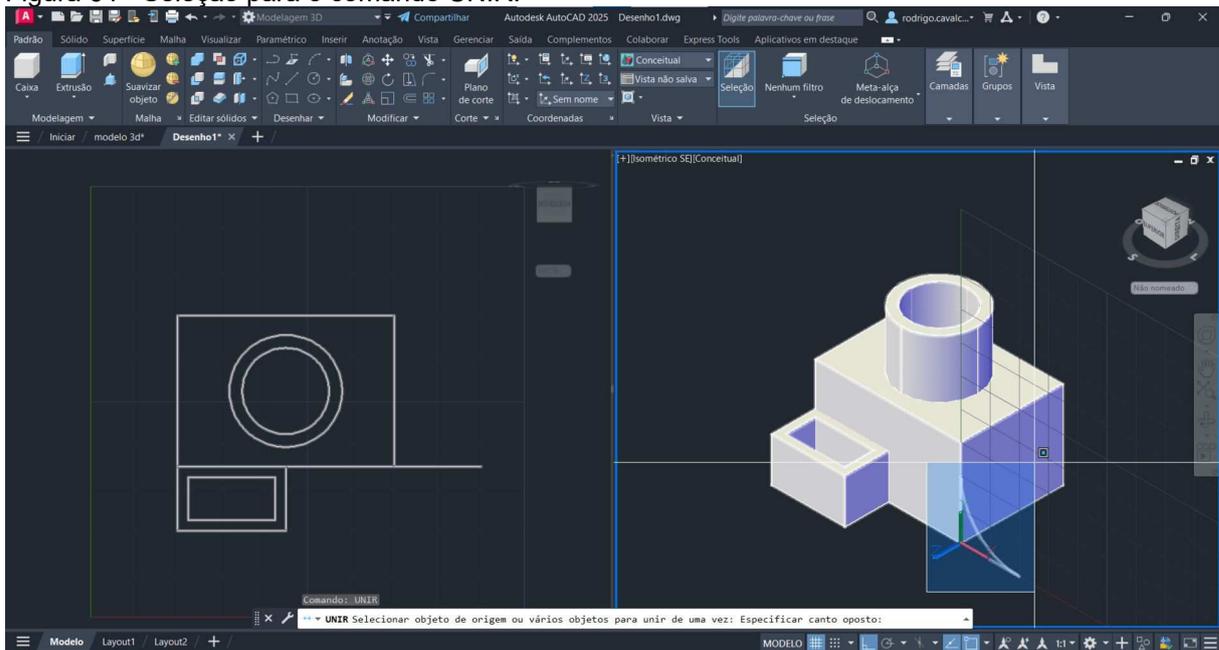


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.11 Comando Unir

O comando UNIR é usado para unir os pontos finais dos objetos lineares e curvos para criar um único objeto. Digite "UNIR" e pressione "Enter". Selecione os objetos conforme ilustra a Figura 64 e pressione "Enter".

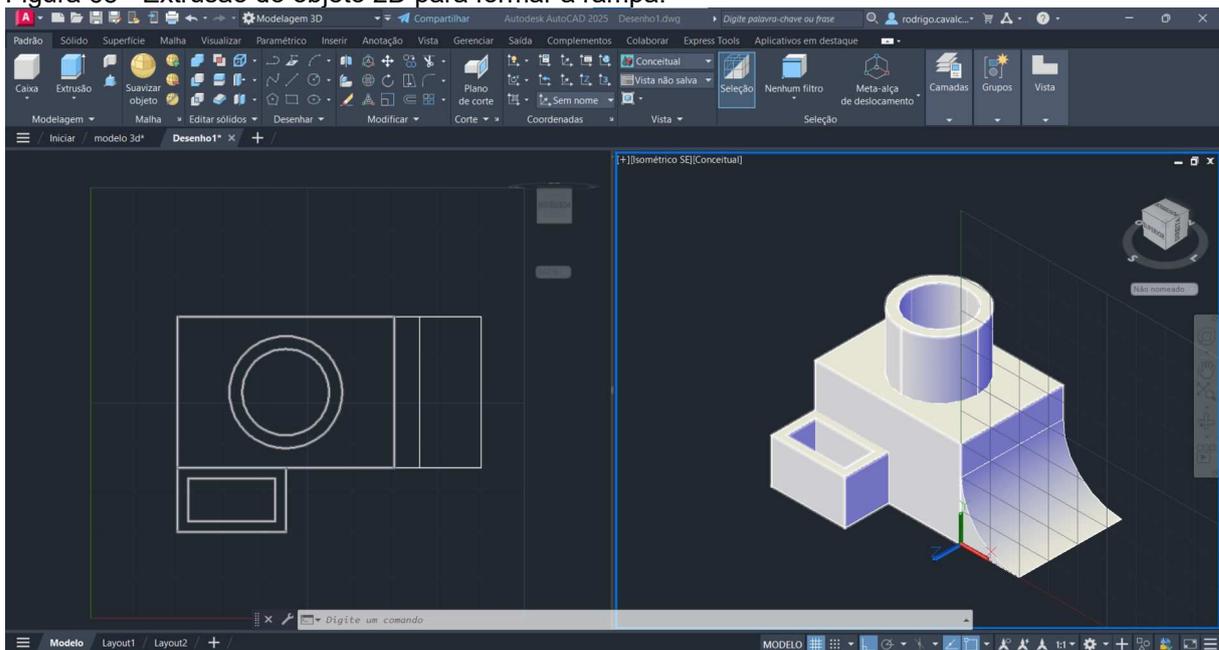
Figura 64 - Seleção para o comando UNIR.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após o comando UNIR, digite “EXtrusão” e pressione “Enter”. Selecione o objeto 2D criado e pressione “Enter” mais uma vez. Por fim, digite “-35” para definir a altura do objeto no sentido negativo do eixo z conforme ilustrado através da Figura 65.

Figura 65 - Extrusão do objeto 2D para formar a rampa.



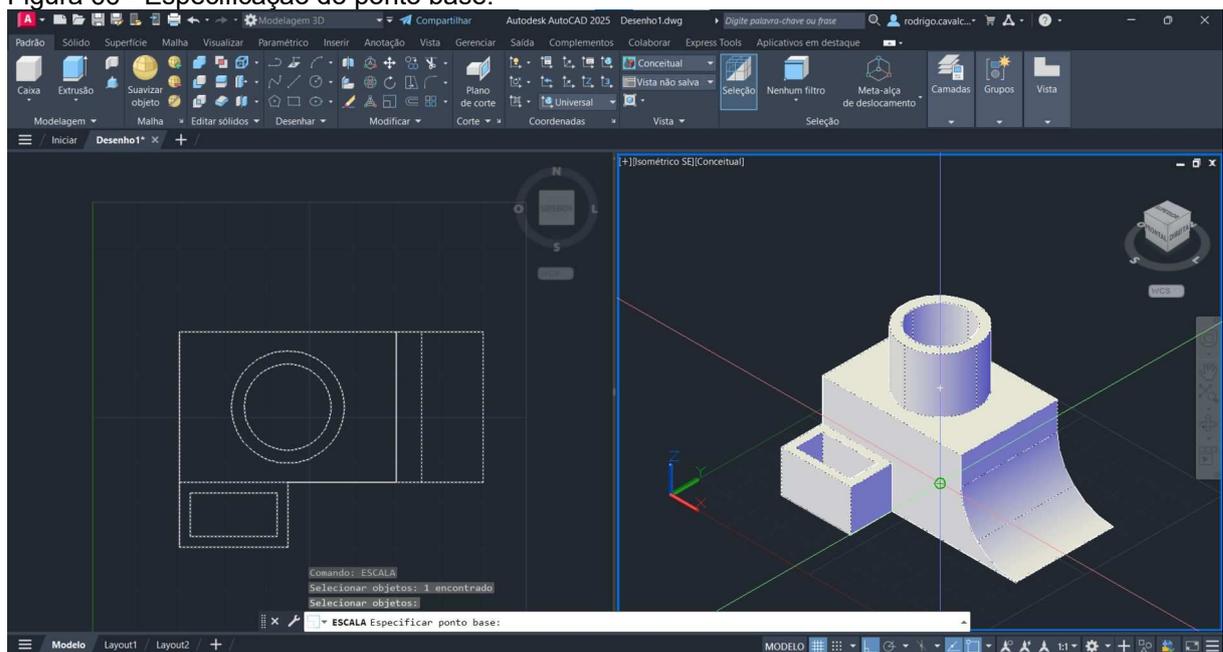
Fonte: Elaborada pelos autores.

Retorne o eixo de coordenadas para a posição inicial através do comando UCS. E então, utilize o comando “UNIAO” para unir os dois objetos.

5.1.3.12 Comando Escala

O comando ESCALA é usado para ampliar ou reduzir objetos selecionados, mantendo as mesmas proporções do objeto após o redimensionamento. Digite “**E**scala”, pressione “Enter”, selecione o objeto e pressione “Enter” novamente. Aparecerá a mensagem “Especificar ponto base:”, selecione o centro do objeto, conforme ilustra a Figura 66.

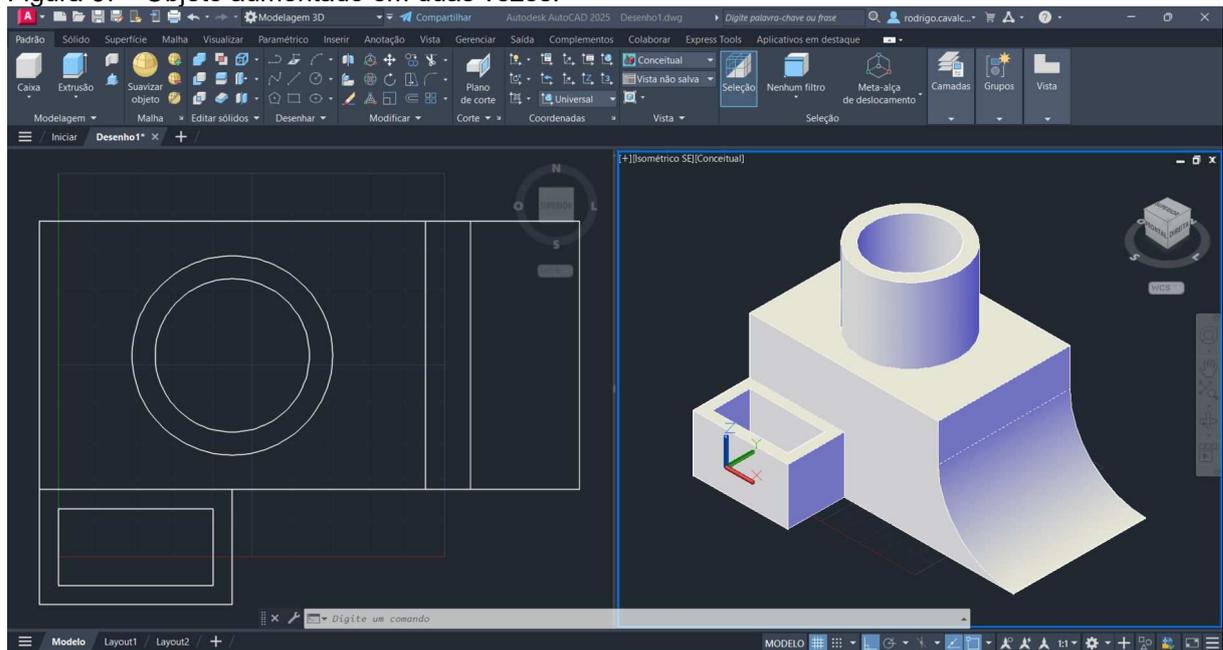
Figura 66 - Especificação do ponto base.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após selecionar o ponto base, digite “2” para aumentar o objeto em duas vezes. A Figura 67 ilustra o resultado final.

Figura 67 - Objeto aumentado em duas vezes.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.1.3.13 Comando Facetres

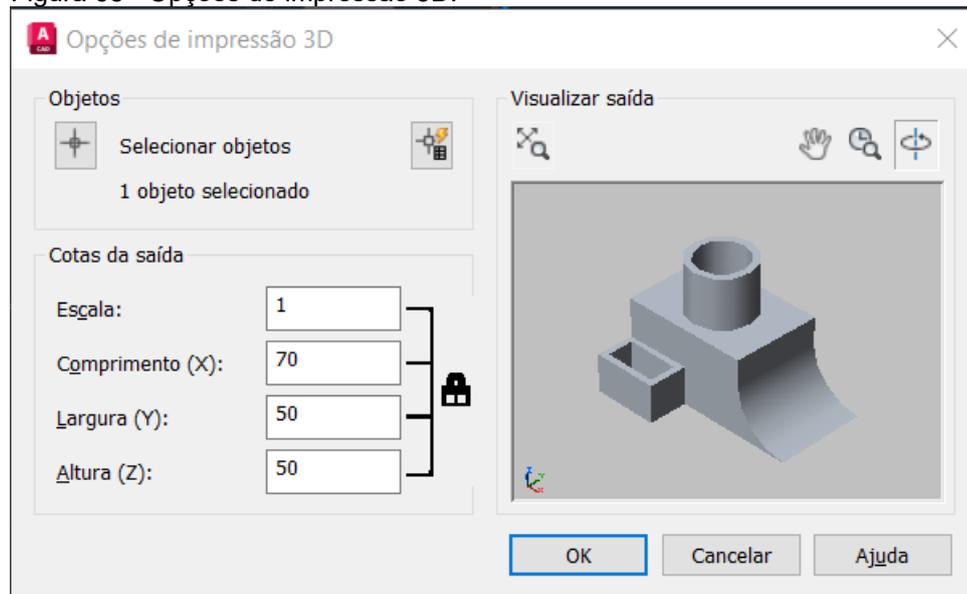
O comando FACETRES ajusta a suavidade dos objetos sombreados e renderizados, das sombras renderizadas e dos objetos com linhas ocultas removidas. O valor inicial é de 0,5 e pode variar de 0,01 a 10,00.

5.1.3.14 Comando Impressao3d

O comando IMPRESSAO3D especifica as configurações de plotagem 3D e prepara o desenho para impressão 3D. Vale observar que ao utilizar o comando IMPRESSAO3D, a variável de sistema FACETRES é definida como 10.

Digite “IMPRESSAO3D” e pressione “Enter”. Selecione o objeto e pressione “Enter” novamente. Aparecerá uma caixa de diálogo, conforme ilustra a Figura 68.

Figura 68 - Opções de impressão 3D.



Fonte: Elaborada pelos autores.

É possível perceber que a escala do objeto pode ser definida antes da geração do arquivo, dessa forma, é dispensável o uso do comando ESCALA. Clique em "OK". Em seguida, aparecerá uma caixa de diálogo para salvar o arquivo em formato STL para uso no fatiador, defina um nome e clique em salvar.

5.2 Fusion

O Fusion é um outro programa da Autodesk para modelagem 3D, CAD, CAM, CAE e PCB. É de fácil utilização com interface bastante intuitiva. A Autodesk também disponibiliza uma licença gratuita para estudantes.

5.2.1 Exemplo de modelagem 3D

Vamos utilizar como referência o mesmo objeto utilizado na página 29.

5.2.1.1 Criando esboço

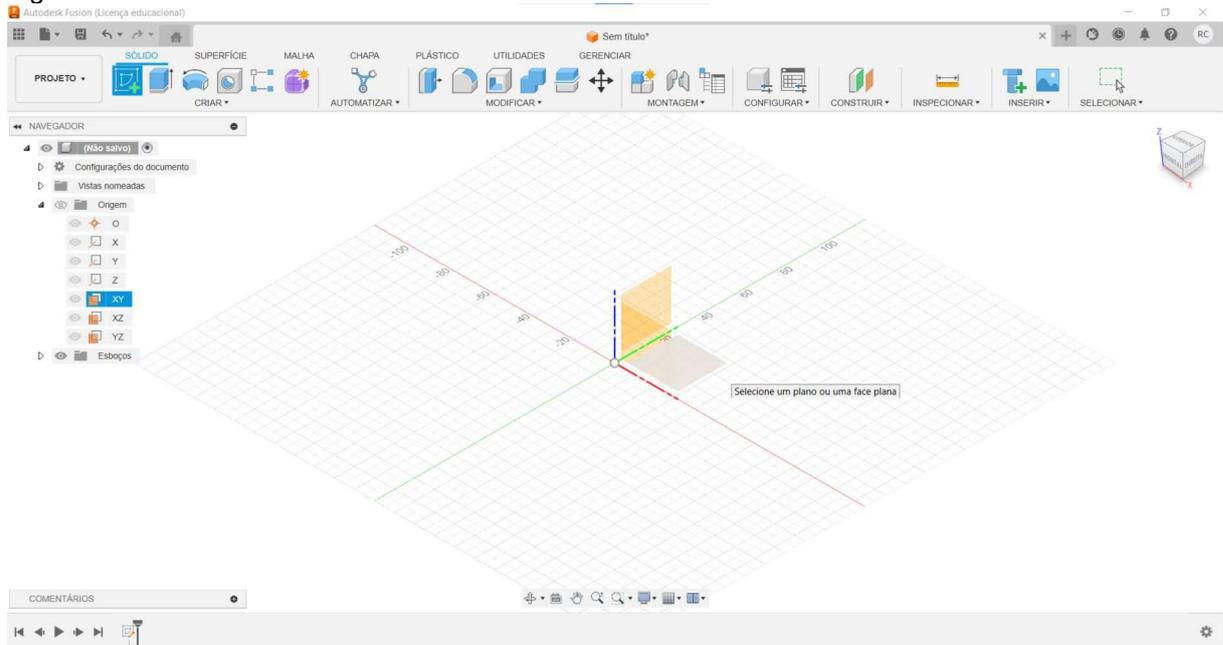
Inicialmente, clique no botão “Criar Esboço” conforme ilustrado através da Figura 69.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora selecione o plano de trabalho XY, conforme ilustrado através da Figura 70.

Figura 70 - Plano XY.

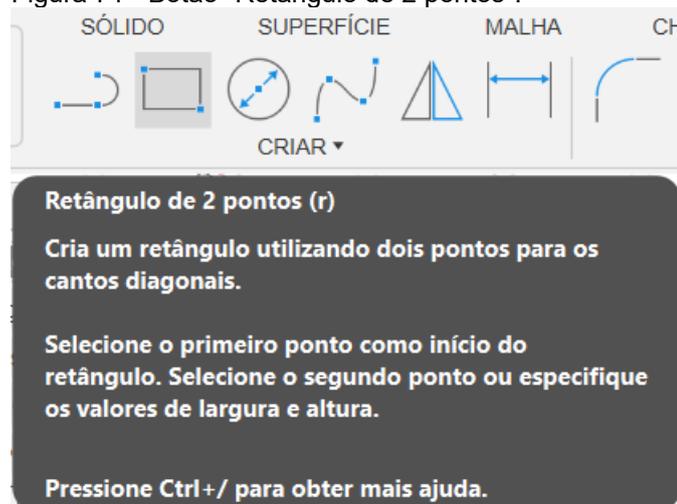


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.1.2 Ferramenta retângulo

Clique no botão “retângulo de 2 pontos”, como ilustra a Figura 71.

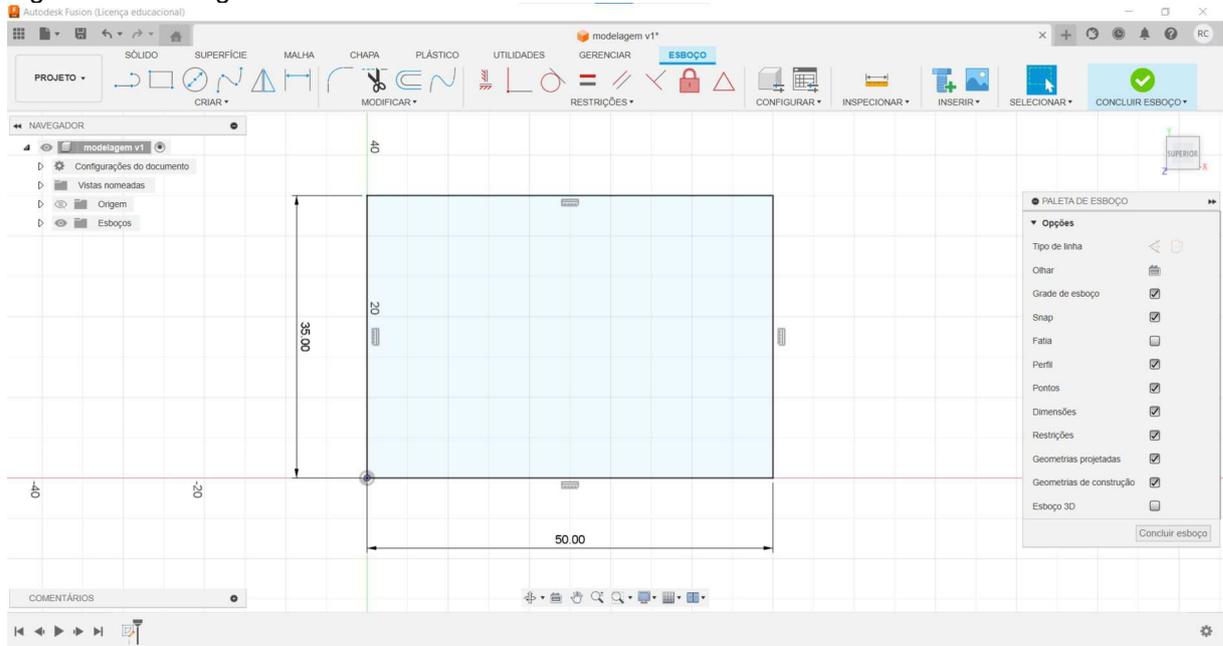
Figura 71 - Botão "Retângulo de 2 pontos".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Com a ferramenta “Retângulo de 2 pontos” ativa, selecione a origem do plano XY e depois defina a largura como 50 mm e altura com 35 mm, com o auxílio da tecla “Tab”, conforme ilustra a Figura 72.

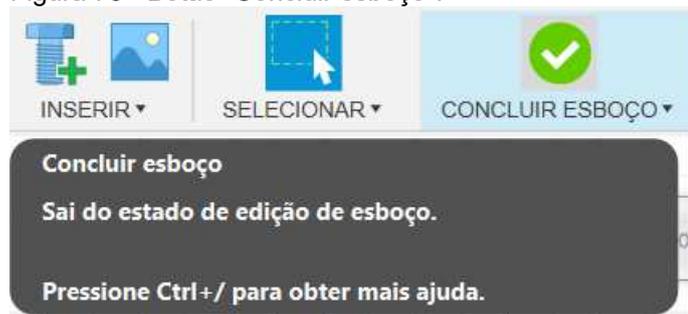
Figura 72 - Retângulo 50x35 mm.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora clique no botão “Concluir esboço”, conforme ilustra a Figura 73.

Figura 73 - Botão "Concluir esboço".

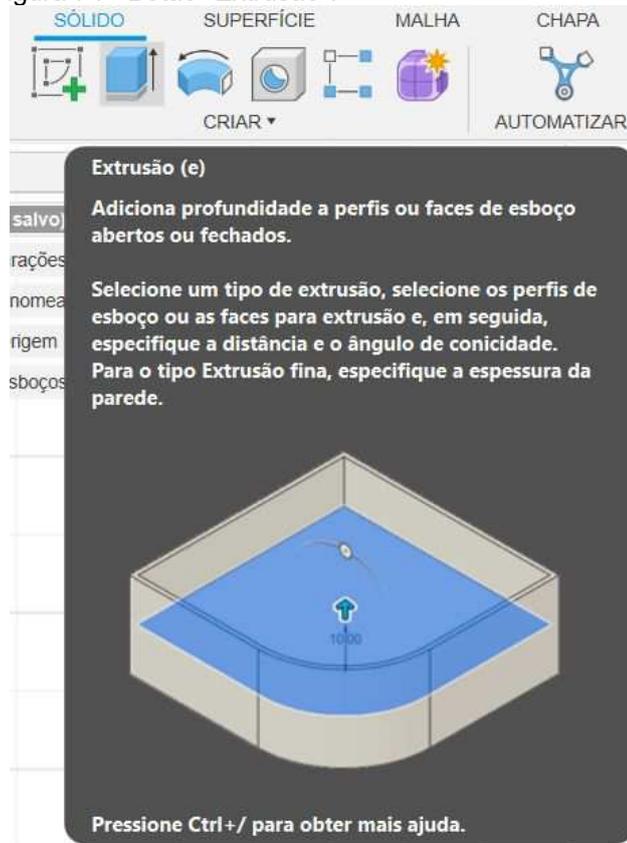


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.1.3 Ferramenta extrusão

Clique no botão “Extrusão”, conforme ilustra a Figura 74.

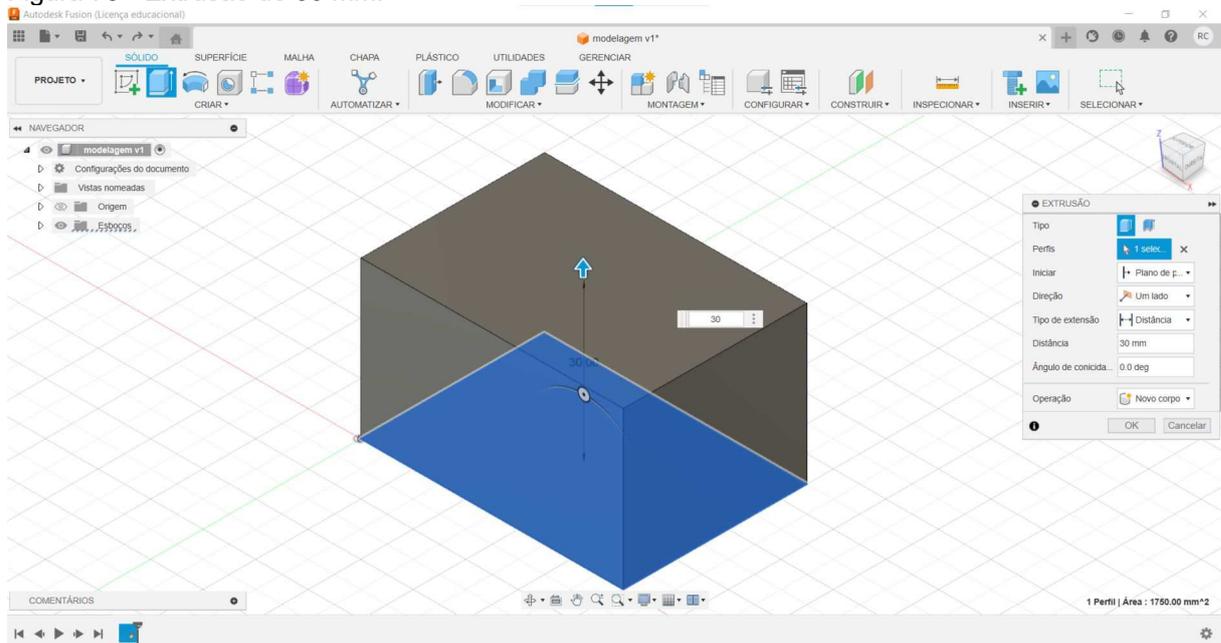
Figura 74 - Botão "Extrusão".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Defina a altura do objeto como 30, conforme ilustra a Figura 75.

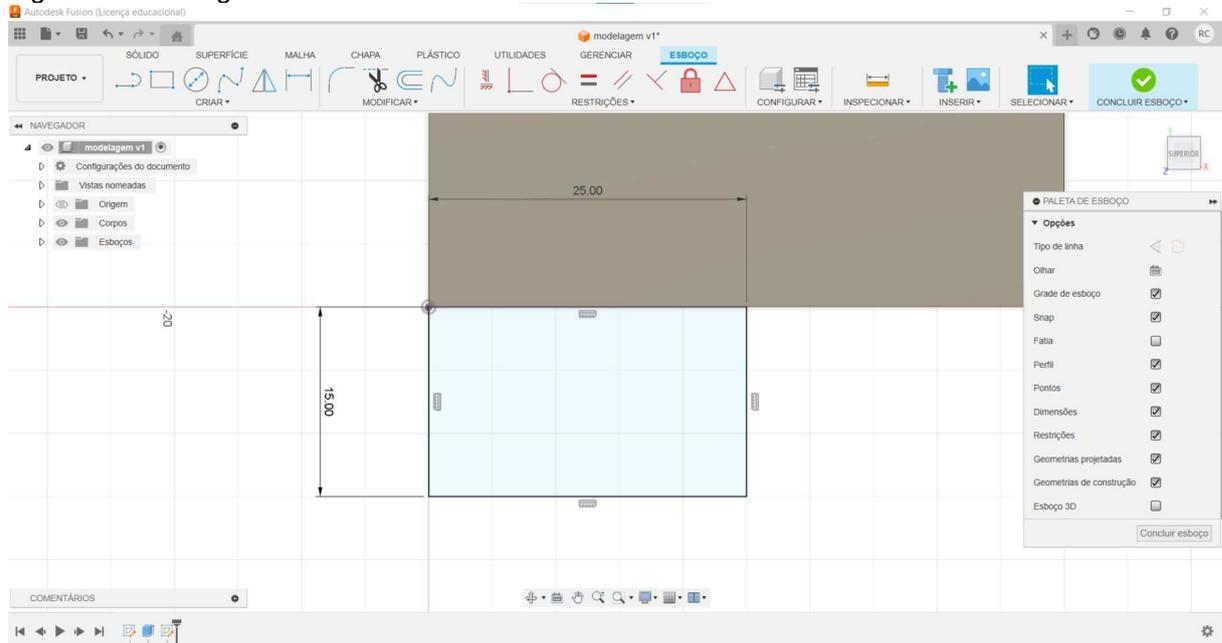
Figura 75 - Extrusão de 30 mm.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, crie outro esboço, selecione a ferramenta “Retângulo de 2 pontos” e defina a largura com 25 mm e a altura com 15 mm. A Figura 76 ilustra o resultado.

Figura 76 - Retângulo 25x15.

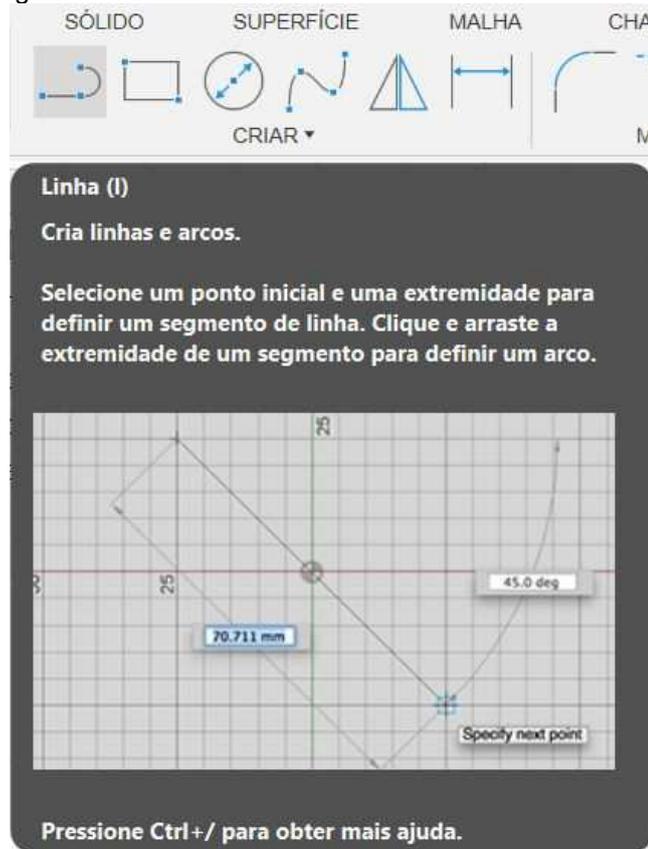


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.1.4 Ferramenta linha

Agora, utilize a ferramenta “Linha”, ilustrada através da Figura 77, para criar uma linha de construção que servirá de auxílio no desenho.

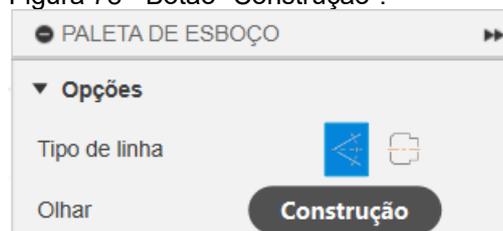
Figura 77 - Botão "Linha".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na “Paleta de Esboço”, localizada no canto direito, em “Tipo de linha”, escolha a opção “Construção”, conforme ilustrado através da Figura 78.

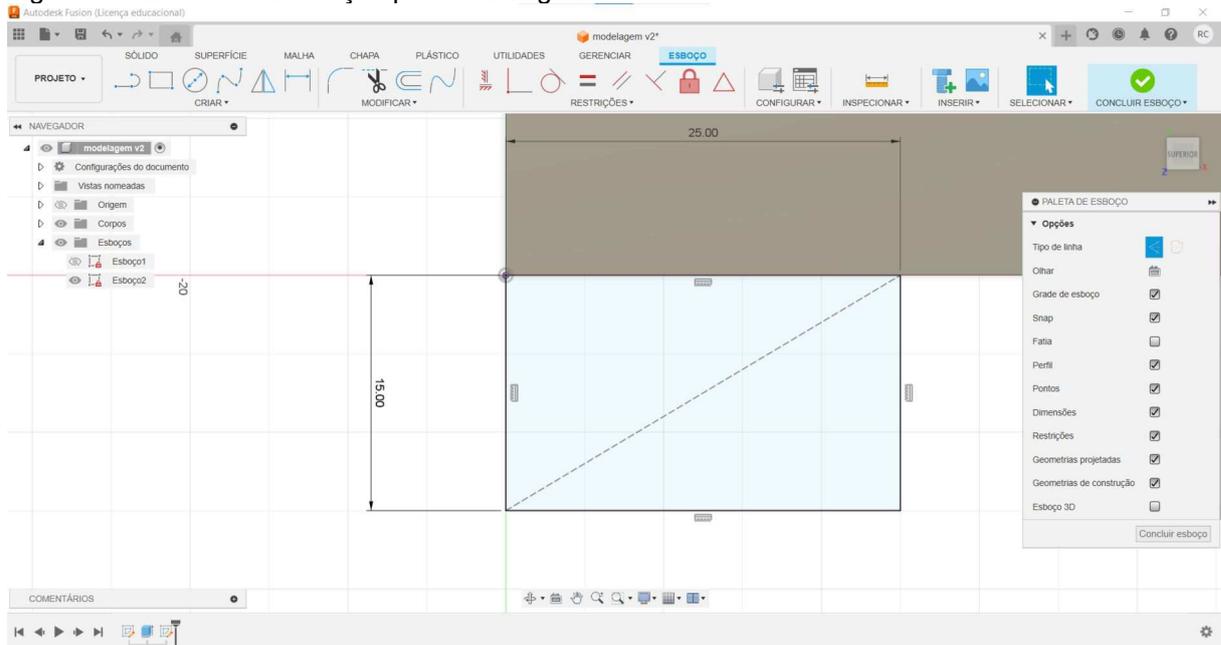
Figura 78 - Botão "Construção".



Fonte: Elaborada pelos autores.

A linha de construção deverá passar pela diagonal do retângulo, conforme ilustra a Figura 79.

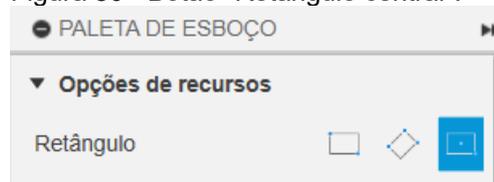
Figura 79 - Linha de construção para o retângulo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Selecione novamente a ferramenta “Retângulo de 2 pontos” e na “Paleta de Esboço” selecione “Retângulo central”. A Figura 80 ilustra o botão “Retângulo central”.

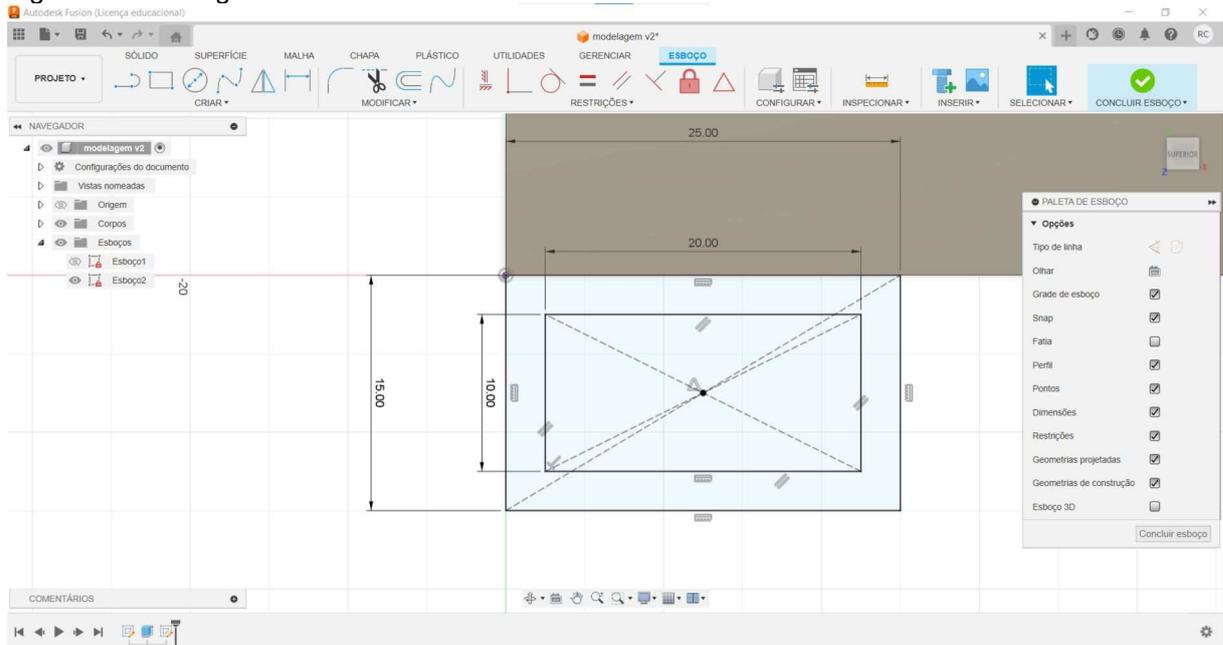
Figura 80 - Botão "Retângulo central".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Selecione o meio da linha de construção e defina a largura com 20 mm e altura com 10 mm. A Figura 81 ilustra o resultado obtido.

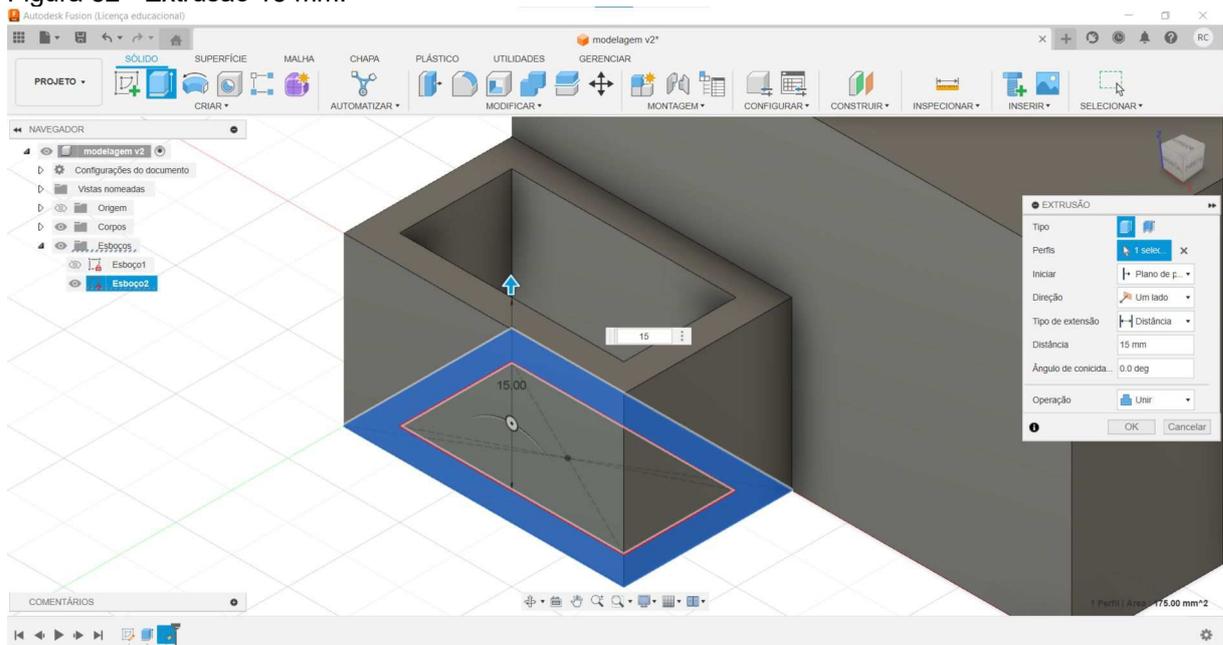
Figura 81 - Retângulo 20x10.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, clique em “Concluir esboço”, selecione a ferramenta para extrusão, selecione a área entre os dois retângulos e defina 15 mm para a altura do objeto, conforme ilustrado através da Figura 82.

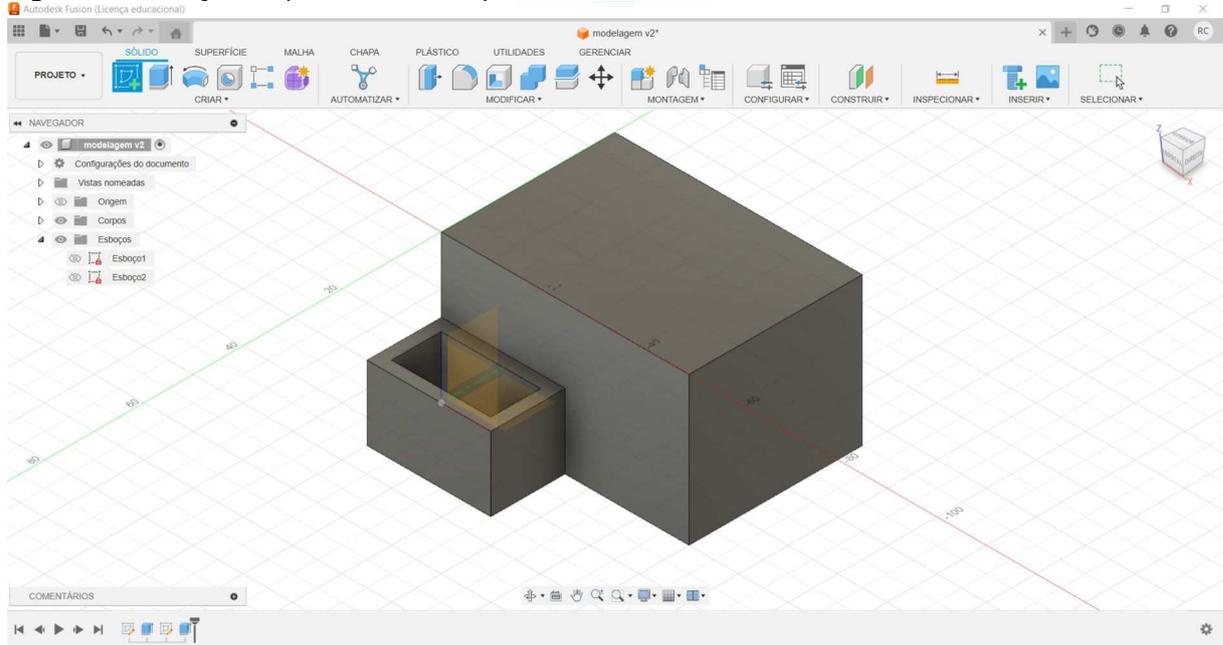
Figura 82 - Extrusão 15 mm.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, crie um novo esboço e selecione a face superior do paralelepípedo maior, conforme ilustra a Figura 83.

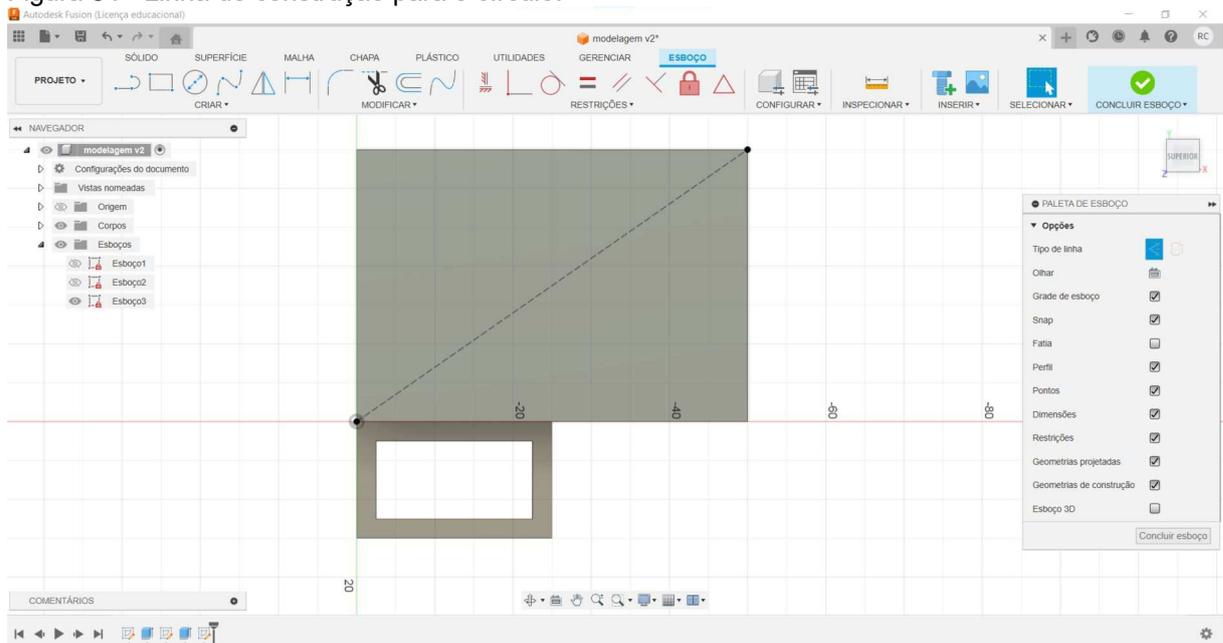
Figura 83 - Seleção do plano da face superior.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Mais uma vez, utilize uma linha construção que passe pela diagonal do retângulo, conforme ilustra a Figura 84.

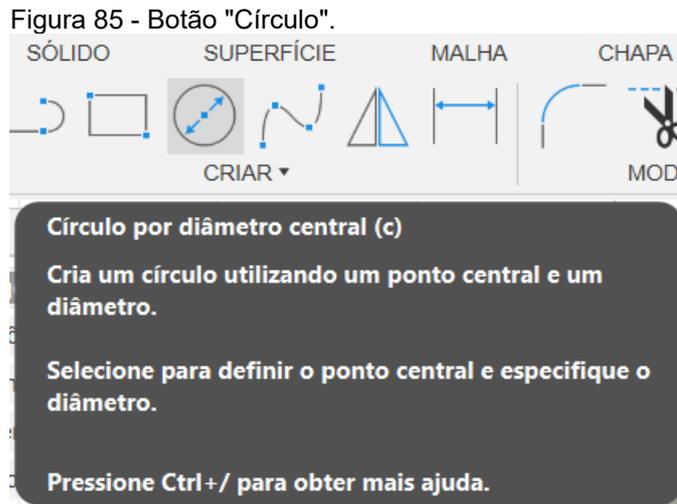
Figura 84 - Linha de construção para o círculo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.1.5 Ferramenta círculo

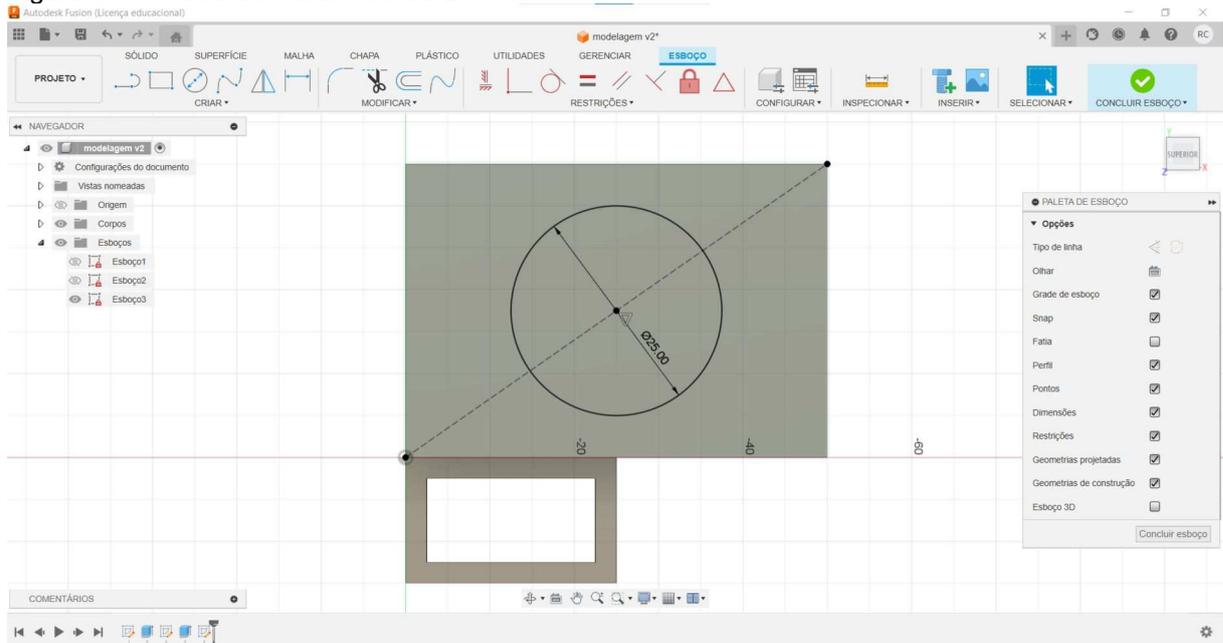
Selecione a ferramenta “Círculo”, ilustrada através da Figura 85.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Coloque o centro do círculo no meio da linha de construção e defina o diâmetro com 25 mm. A Figura 86 ilustra o resultado obtido.

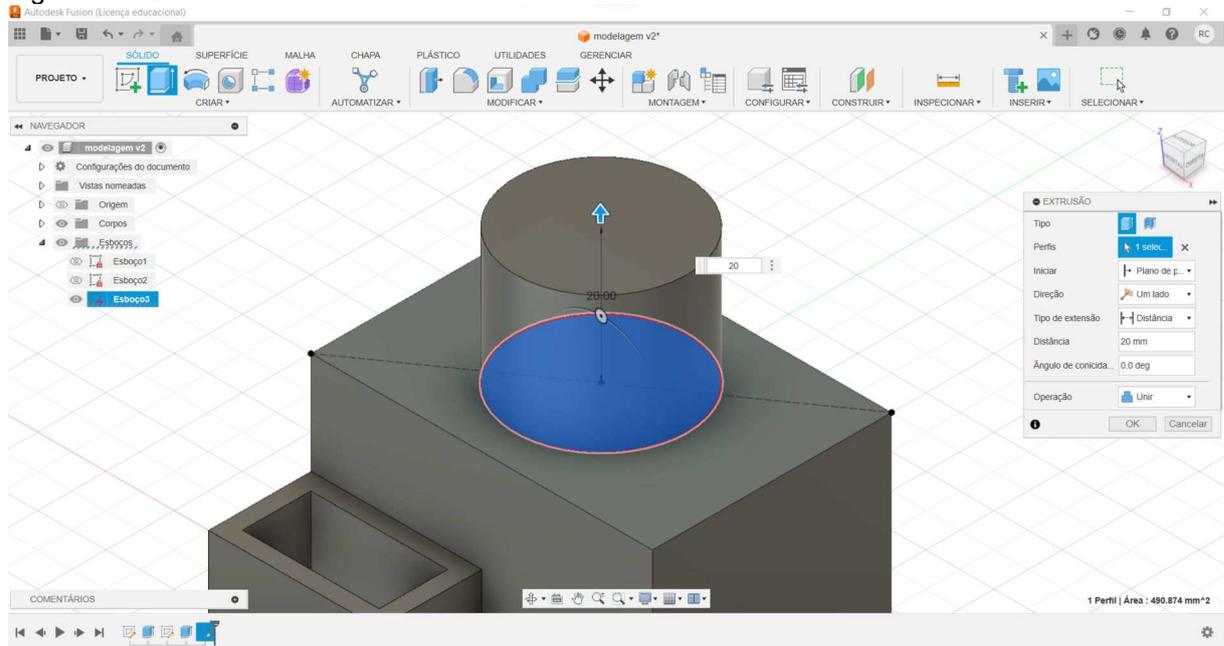
Figura 86 - Círculo com diâmetro de 25 mm.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Conclua o esboço e realize a extrusão do círculo definindo a altura do cilindro em 20 mm, conforme ilustrado através da Figura 87.

Figura 87 - Extrusão do círculo.

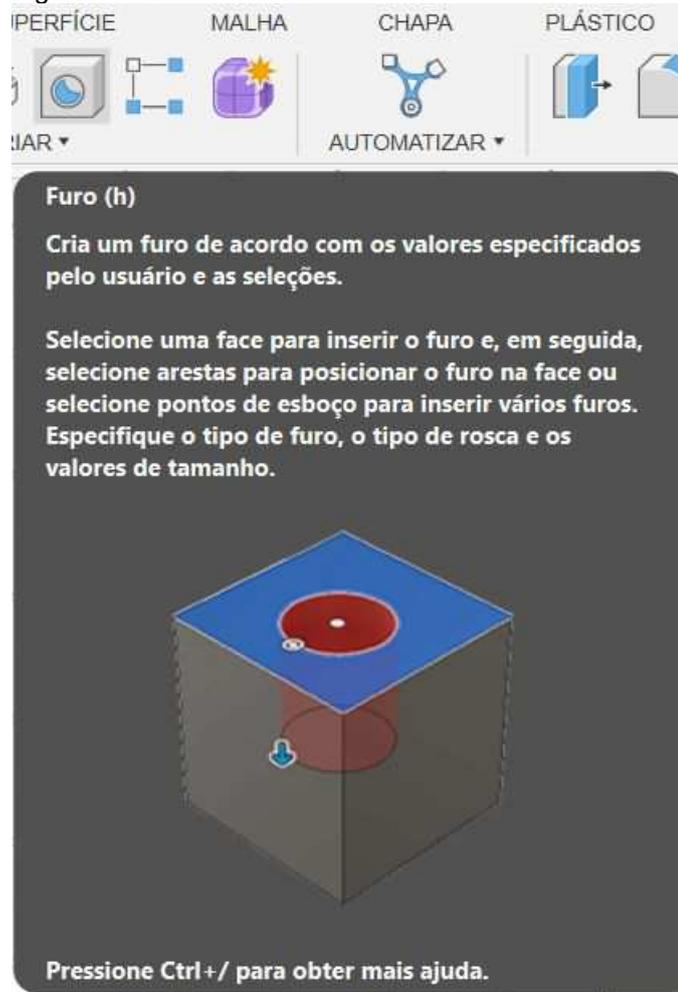


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.1.6 Ferramenta furo

A ferramenta “Furo” permite fazer um furo no modelo 3D, oferecendo diversas opções predefinidas de tipos de furos. A Figura 88 ilustra o botão da ferramenta “Furo”.

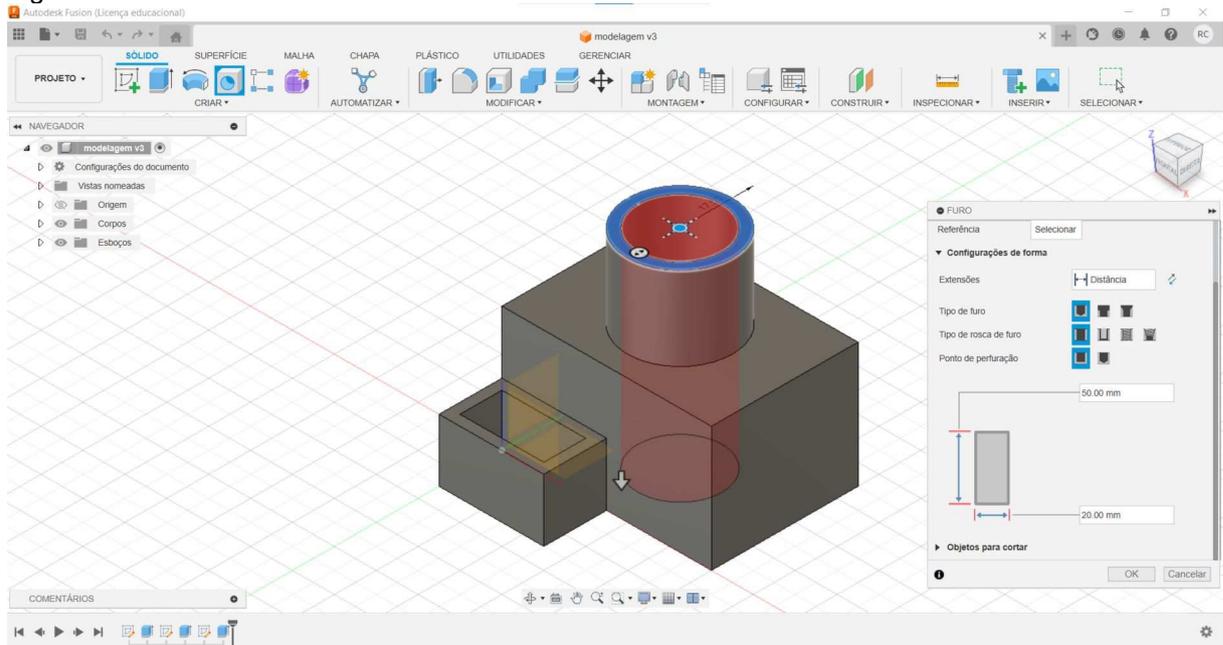
Figura 88 - Botão "Furo".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Selecione a face circular do cilindro e posicione o centro do furo no centro do círculo, conforme ilustrado através da Figura 89.

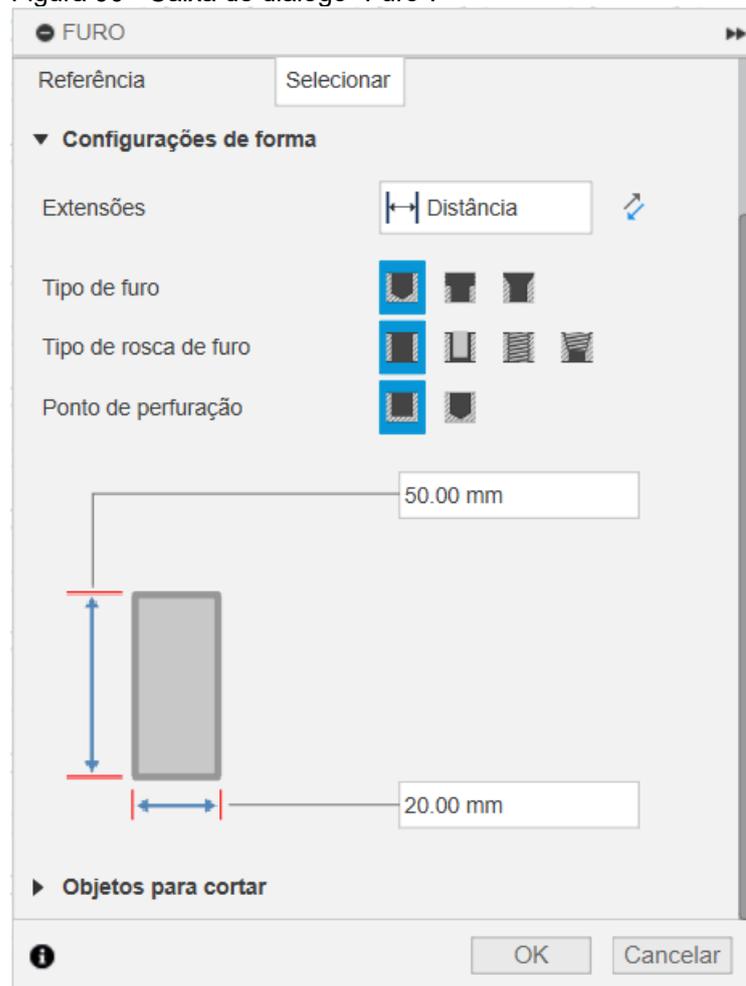
Figura 89 - Furo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na caixa de diálogo “Furo” que aparece à direita, selecione em “Tipo de Furo” a opção “Simples”, em “Tipo de rosca de furo” selecione a opção “Simples” e em “Ponto de perfuração” selecione a opção “Plano”. Além disso, defina a altura com 50 mm e o diâmetro com 20 mm. A Figura 90 ilustra a configuração.

Figura 90 - Caixa de diálogo "Furo".

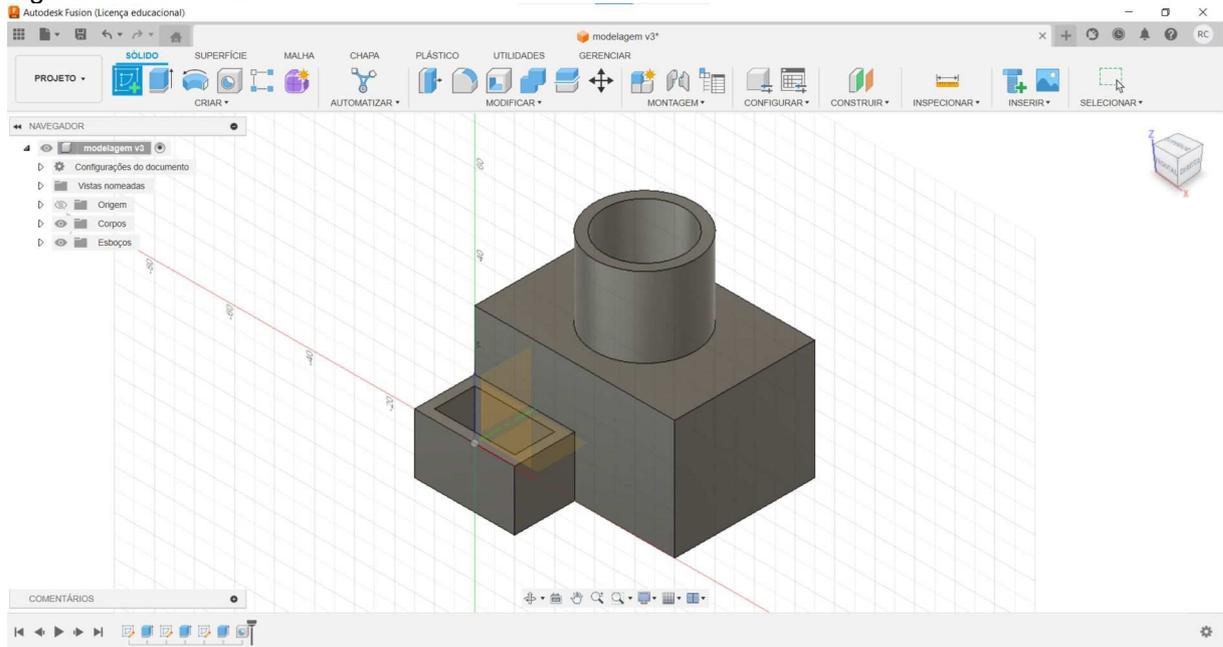


Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.1.7 Criando a rampa

Inicialmente, selecione a ferramenta "Círculo" e selecione o plano xz da face frontal do paralelepípedo maior, conforme ilustra Figura 91.

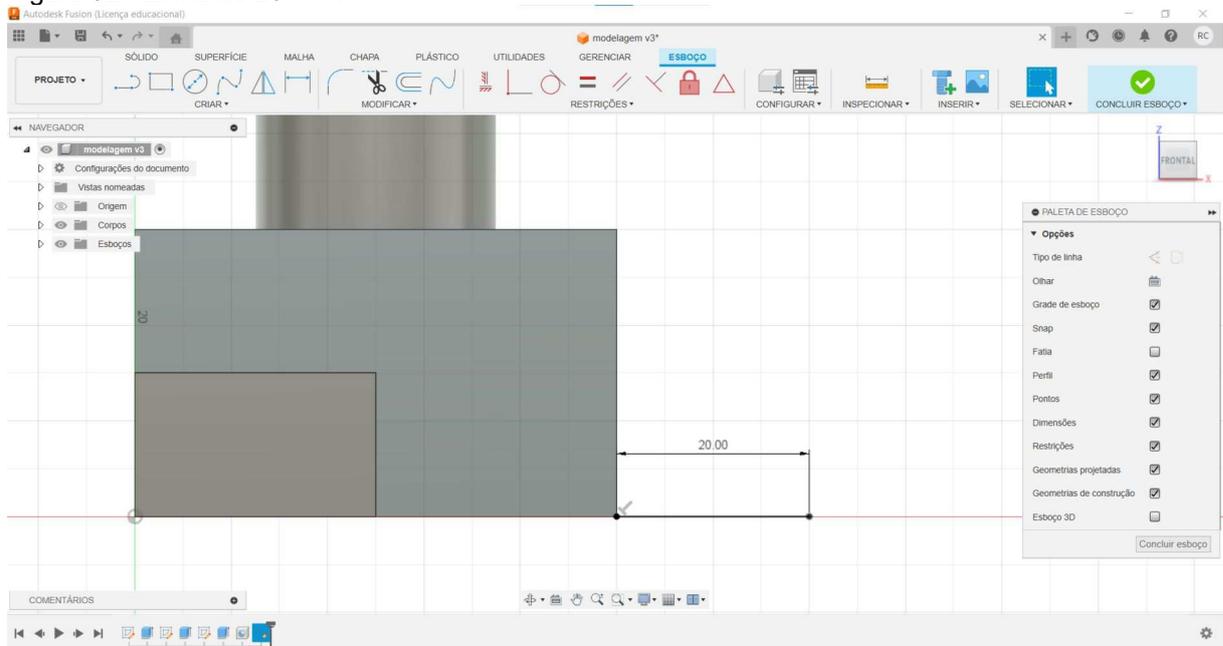
Figura 91 - Plano xz da face frontal.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, crie uma linha com 20 mm de comprimento, conforme ilustra a Figura 92.

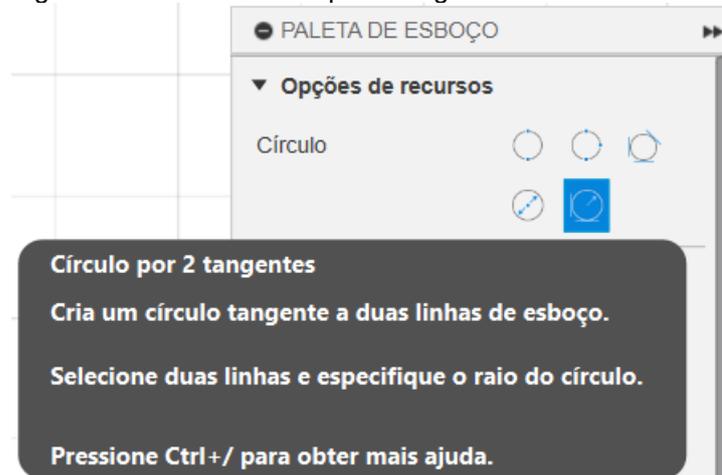
Figura 92 - Linha de 20 mm.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, clique na ferramenta de criação de círculo e na caixa de diálogo “Paleta de Esboço”, selecione a opção “Círculo por 2 tangentes”, conforme ilustrado através da Figura 93.

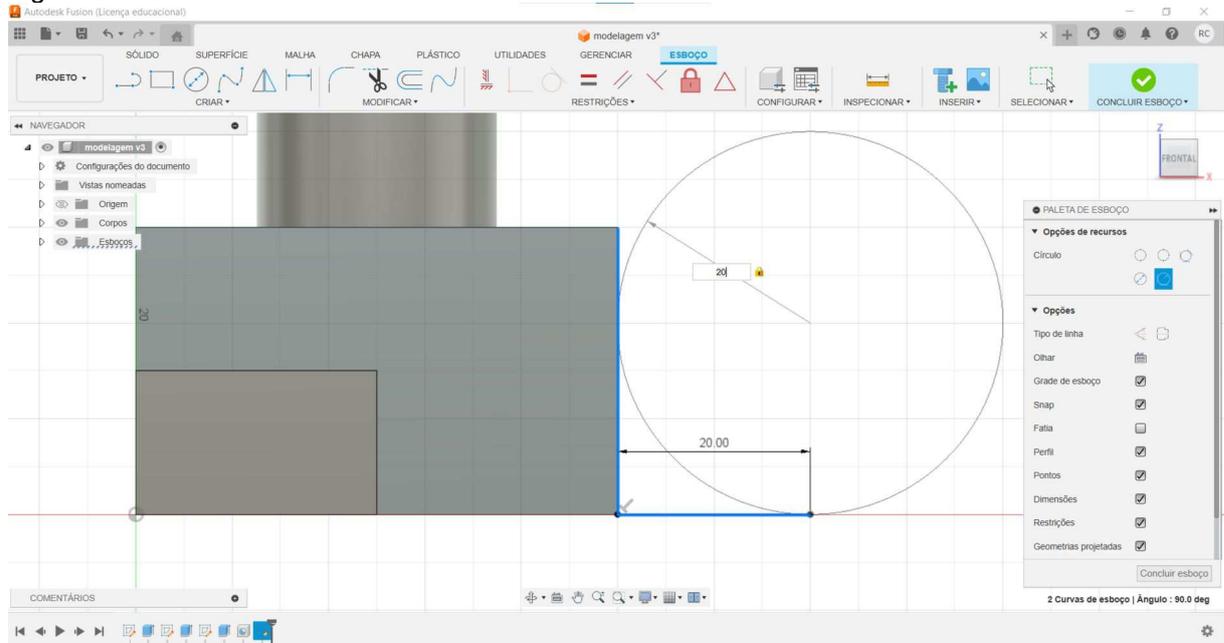
Figura 93 - Botão "Círculo por 2 tangentes".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Selecione as duas tangentes e defina o raio com 20 mm. A Figura 94 ilustra o processo.

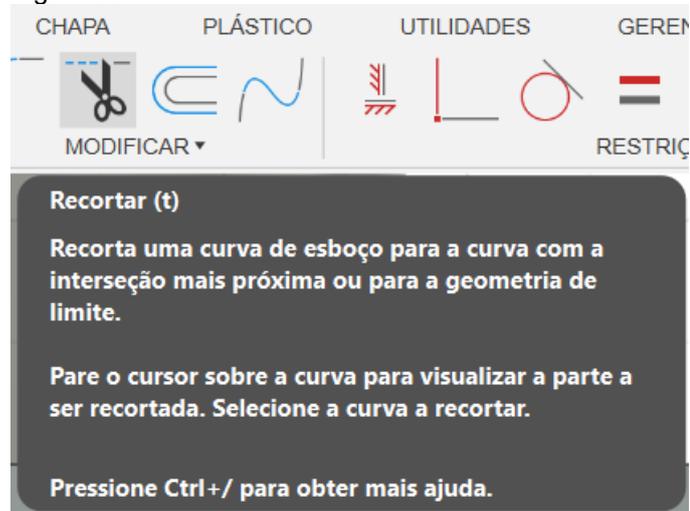
Figura 94 - Círculo com raio de 20 mm.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, selecione a ferramenta “Recortar”, ilustrada através da Figura 95.

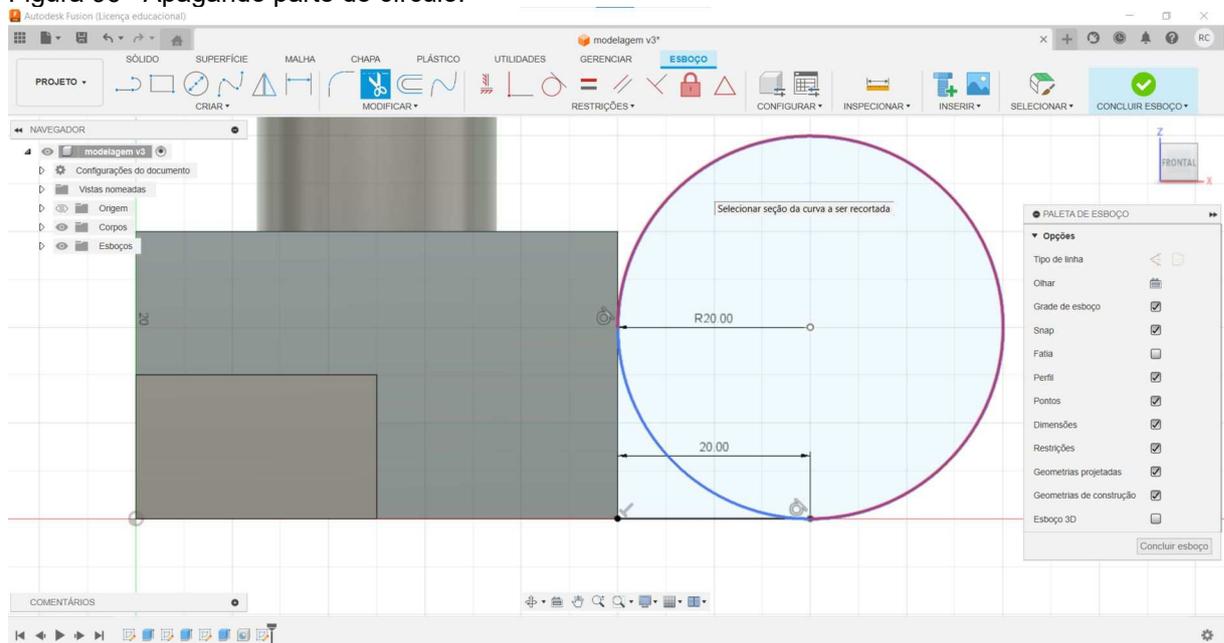
Figura 95 - Botão "Recortar".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, selecione a parte do círculo que deseja apagar, conforme ilustra a Figura 96.

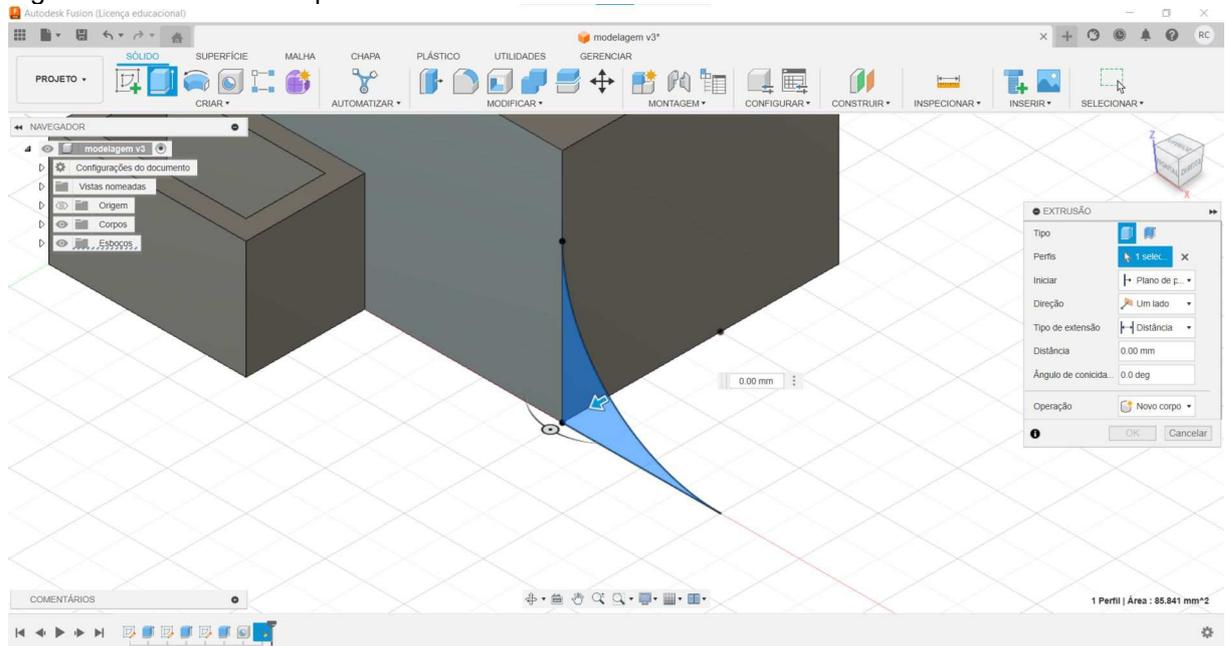
Figura 96 - Apagando parte do círculo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, clique em “Concluir esboço” e selecione a ferramenta “Extrusão”. Selecione a área formada pela linha e o arco, conforme ilustra a Figura 97.

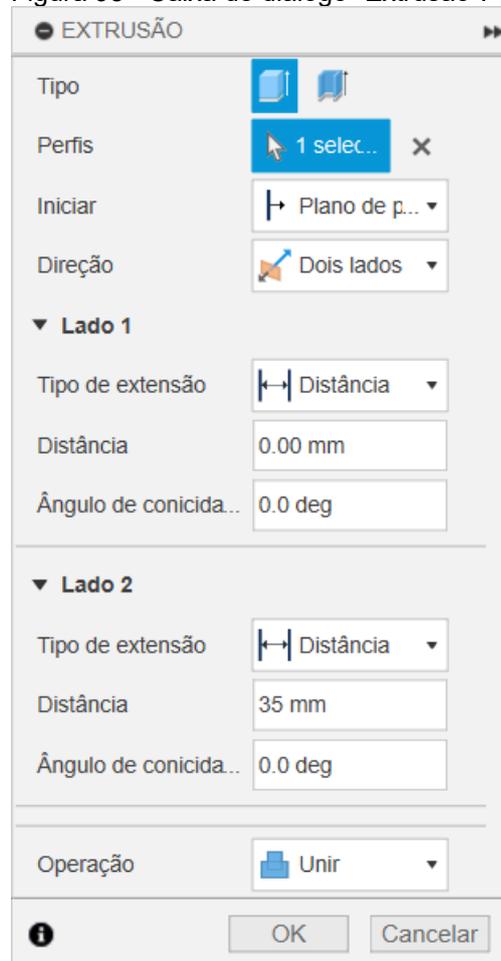
Figura 97 - Área formada pela linha e o arco.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na caixa de diálogo “Extrusão”, localizada à direita, selecione em “Direção” a opção “Dois lados”. No “Lado 2”, defina a “Distância” com 35 mm. A Figura 98 ilustra a configuração.

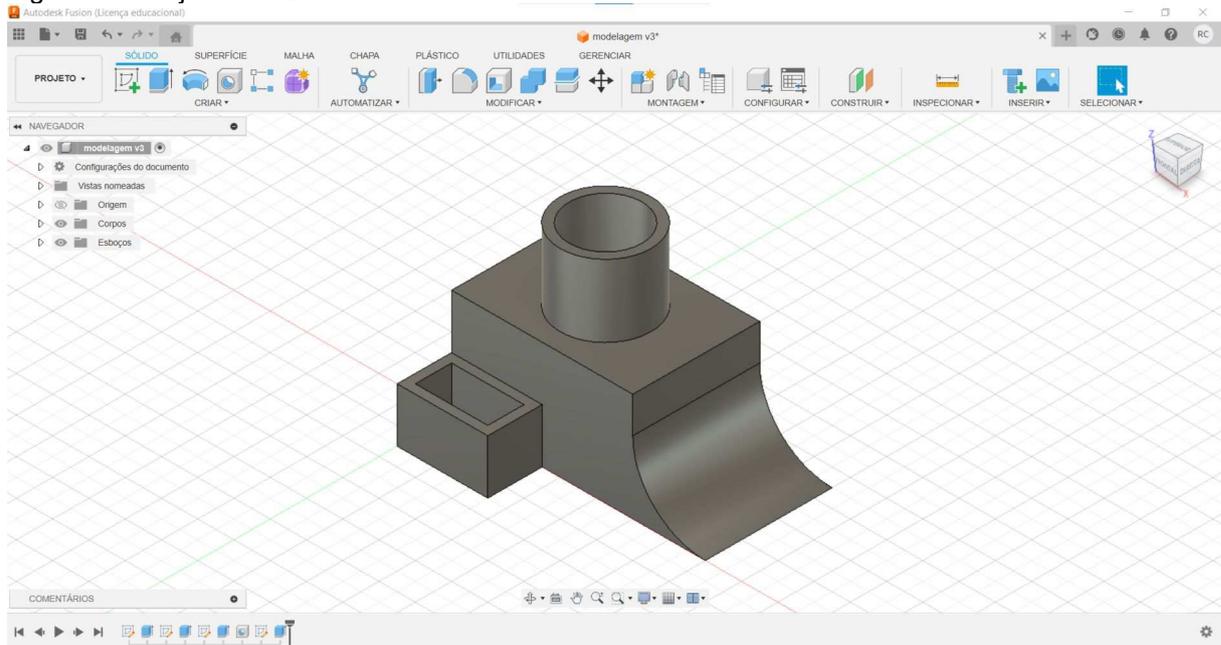
Figura 98 - Caixa de diálogo "Extrusão".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Clique em "OK". O resultado final é ilustrado através da Figura 99.

Figura 99 - Objeto finalizado.



Fonte: Elaborada pelos autores.

5.2.1.8 Exportando modelo

Quando terminado o processo de modelagem, é necessário exportar o arquivo STL para depois iniciar o processo de fatiamento. Para isso, clique no menu arquivo e depois em “Impressão 3D”, conforme ilustra a Figura 100.

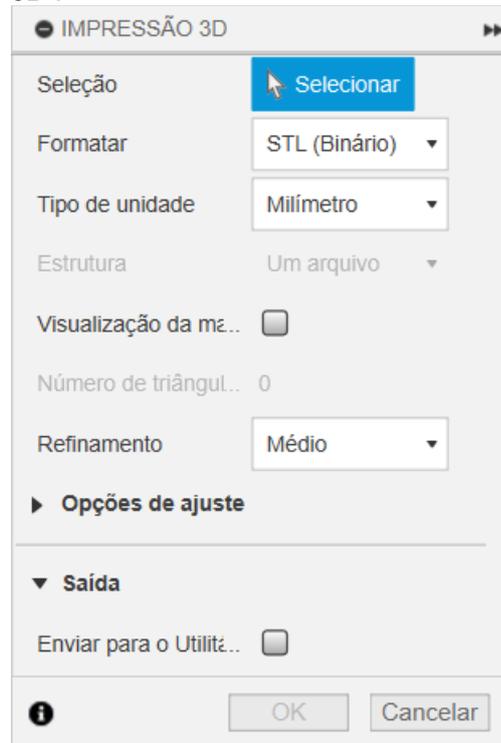
Figura 100 - Exportar arquivo STL no Fusion.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Aparecerá a caixa de diálogo “Impressão 3D”, ilustrada através da Figura 101. Em “Refinamento” escolha a opção “Alto”, selecione o modelo 3D e clique em “OK”.

Figura 101 - Caixa de diálogo "Impressão 3D".



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, defina o nome e a pasta em que deseja salvar o arquivo STL.

6 FATIADOR 3D

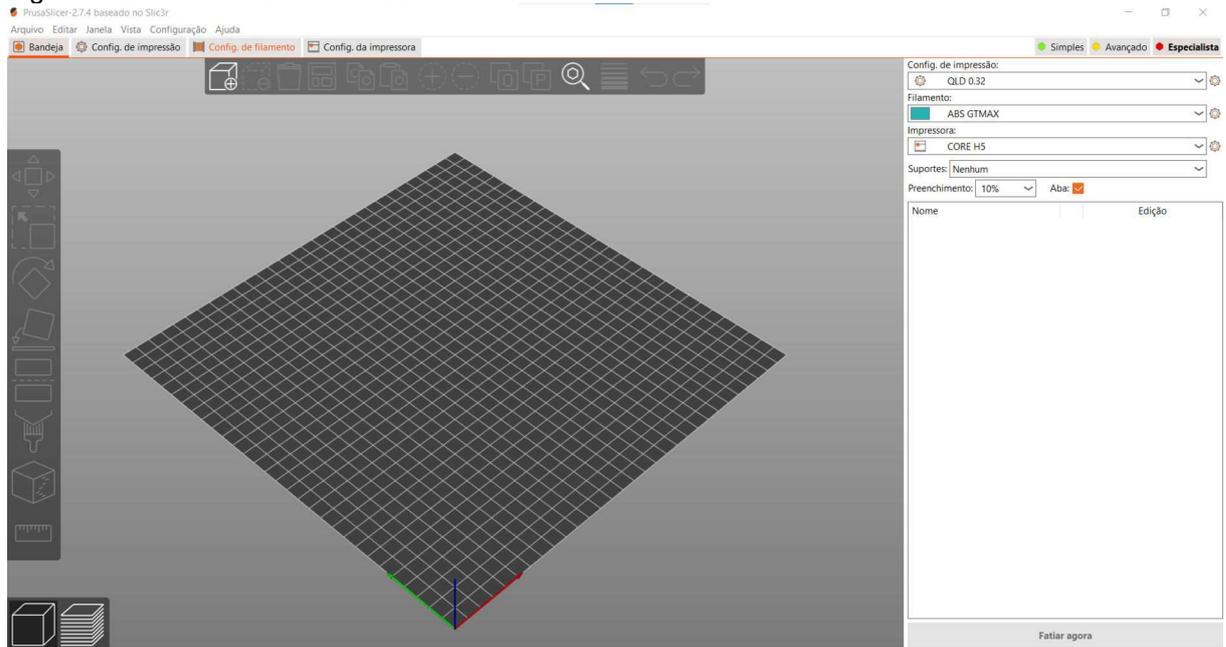
O fatiador 3D realiza o fatiamento do modelo 3D a ser impresso, definindo como cada camada deve ser impressa. Além disso, o fatiador 3D é responsável por todos os parâmetros de impressão, como temperatura do bico extrusor, temperatura da mesa de impressão, velocidade de impressão, altura da camada, entre outros.

O fatiador utiliza os formatos de arquivo STL, 3MF ou OBJ para então gerar o arquivo GCODE que é utilizado pela impressora 3D. Há diversas opções de programas de fatiamento 3D. Os mais comumente utilizados são PrusaSlicer, UltiMaker Cura, Slic3r, Simplify3D e Chitubox.

6.1 PrusaSlicer

O PrusaSlicer é um programa de fatiamento gratuito e de código livre. Possui um ambiente gráfico intuitivo, ideal para iniciantes. Além disso, possui diversas opções para usuários avançados, que podem controlar diversos parâmetros de impressão. A Figura 102 ilustra o ambiente gráfico do PrusaSlicer.

Figura 102 - Tela inicial do PrusaSlicer.

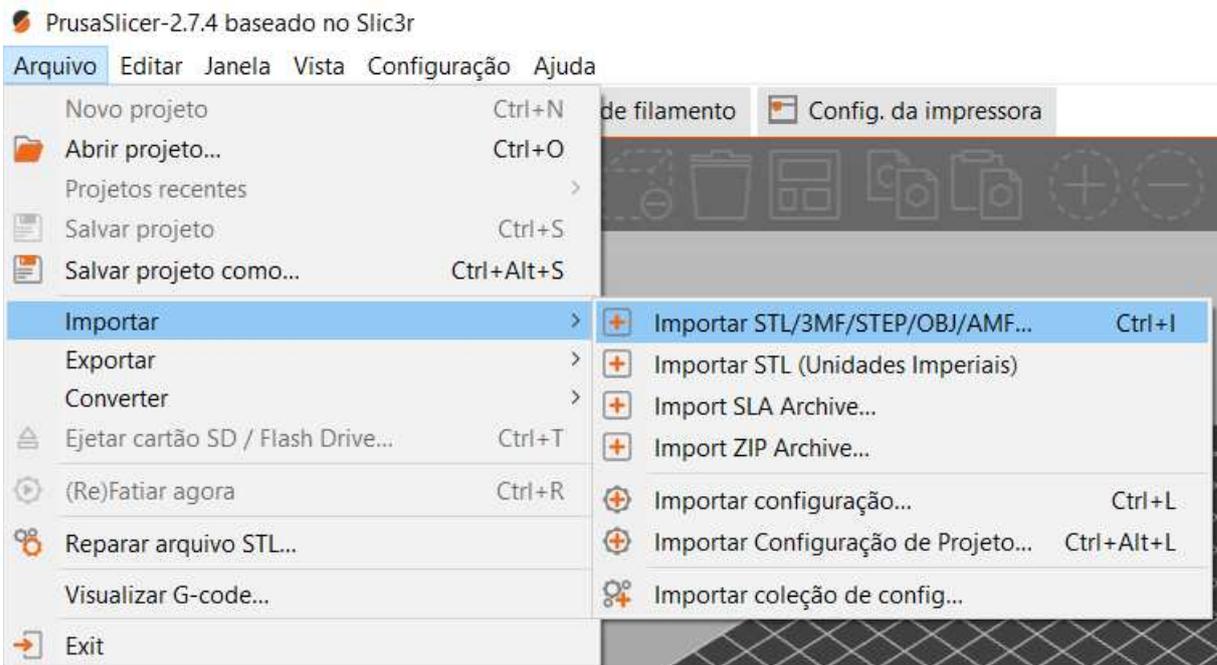


Fonte: Elaborada pelos autores.

6.1.1 Importando objeto 3D

Inicialmente é necessário importar o modelo 3D. É possível importar arrastando e soltando o arquivo diretamente para a janela do PrusaSlicer, usando o botão “Adicionar” na barra de ferramentas superior ou clicando em “Importar” localizado no menu “Arquivo”. A Figura 103 ilustra o botão importar localizado no menu “Arquivo”.

Figura 103 - Importando arquivo STL.

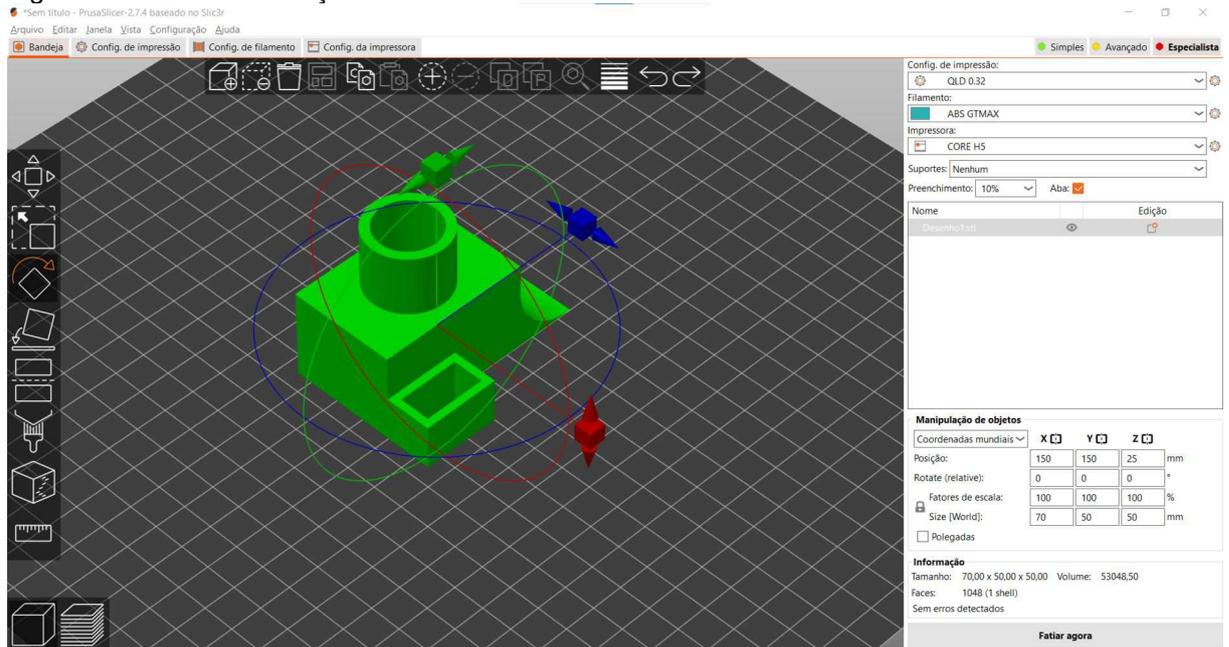


Fonte: Elaborada pelos autores.

6.1.2 Orientação do modelo 3D

Em alguns casos é necessário mudar a orientação do objeto. Para isso, utilize a tecla "R" para selecionar a ferramenta de rotação. A Figura 104 ilustra a utilização da ferramenta.

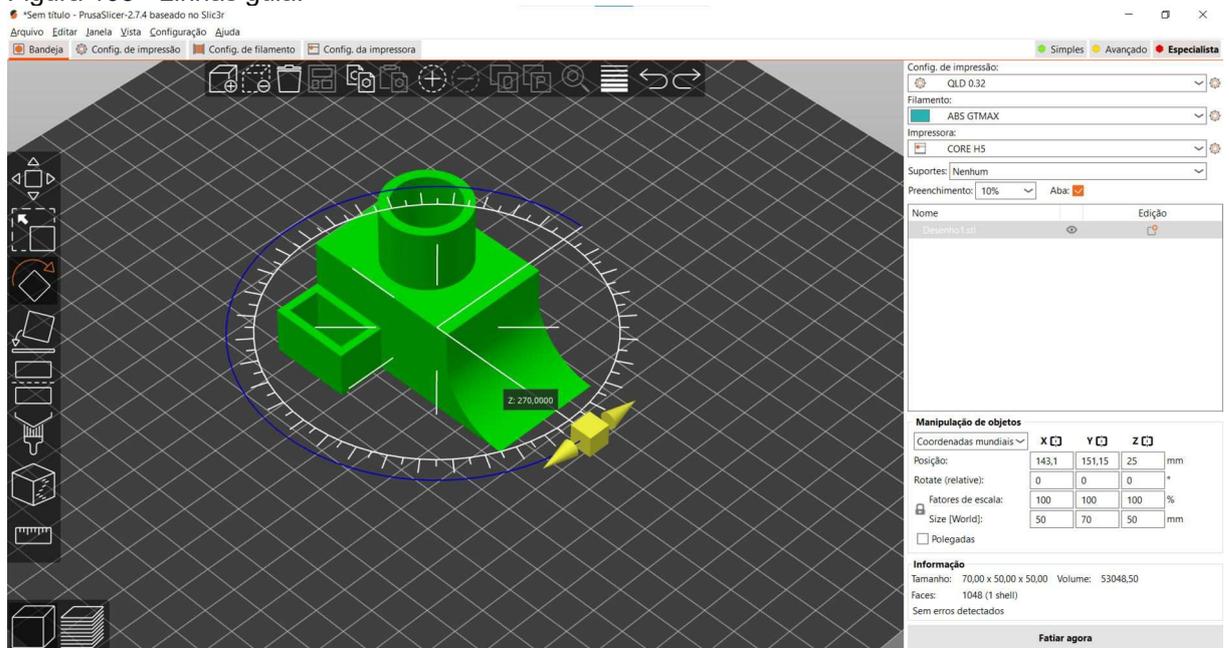
Figura 104 - Eixos de rotação.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, escolha o eixo de rotação. É possível girar o objeto em incrementos de 5° utilizando as linhas guia menores ou utilizar as linhas guia maiores para girar em incrementos de 45°. A Figura 105 ilustra as linhas guia.

Figura 105 - Linhas guia.

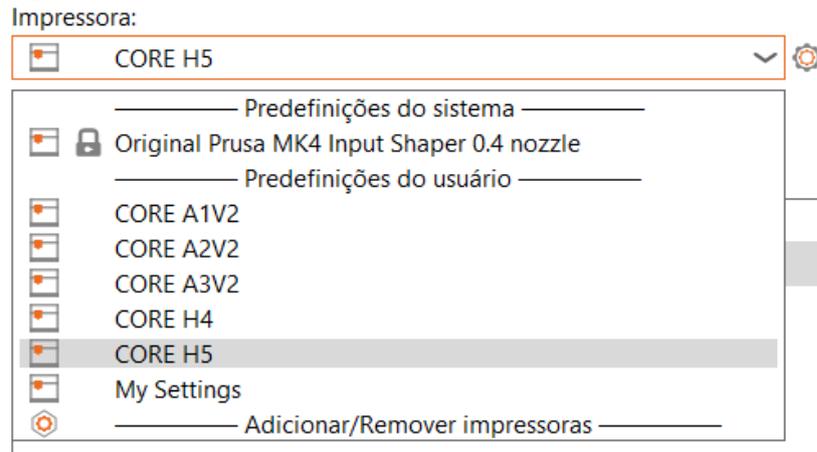


Fonte: Elaborada pelos autores.

6.1.3 Selecionando a impressora 3D

A impressora pode ser escolhida através do menu suspenso no painel direito conforme ilustra a Figura 106.

Figura 106 - Escolha da impressora.

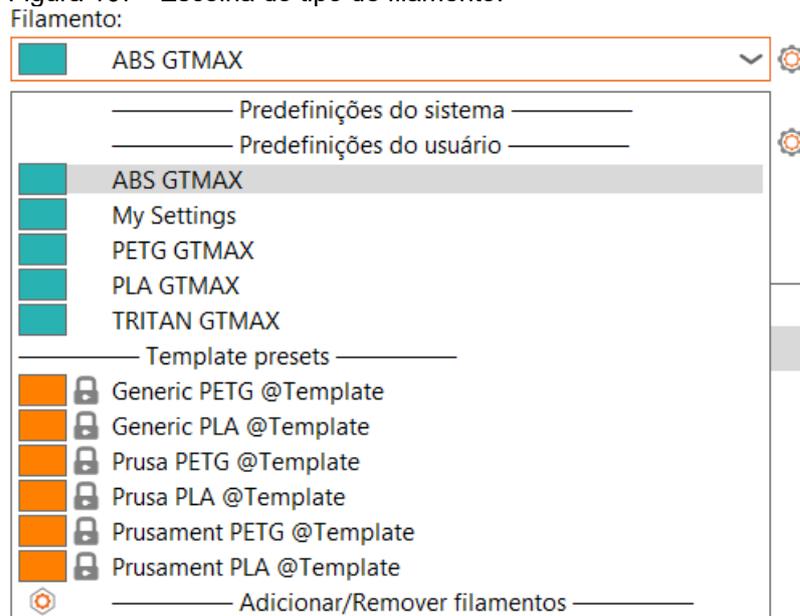


Fonte: Elaborada pelos autores.

6.1.4 Selecionando o tipo de filamento

Como cada tipo de filamento possui características individuais, é necessário escolher a opção adequada no menu suspenso do painel direito. Cada opção possui valores predefinidos de temperatura de impressão, velocidade de impressão, resfriamento e muitas outras configurações que podem ser ou não modificadas de acordo com a necessidade. A Figura 107 ilustra o menu para escolha do tipo de filamento.

Figura 107 - Escolha do tipo de filamento.

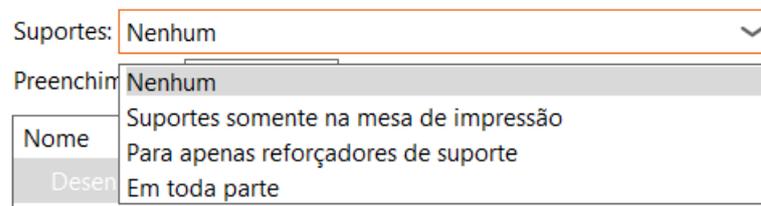


Fonte: Elaborada pelos autores.

6.1.5 Suportes

Os suportes são estruturas auxiliares que servem de base para impressão de partes do objeto que ficam suspensas. O PrusaSlicer pode detectar onde colocar os suportes e gerá-los automaticamente. A Figura 108 ilustra o menu de opções de suporte.

Figura 108 - Escolha do tipo de suporte.

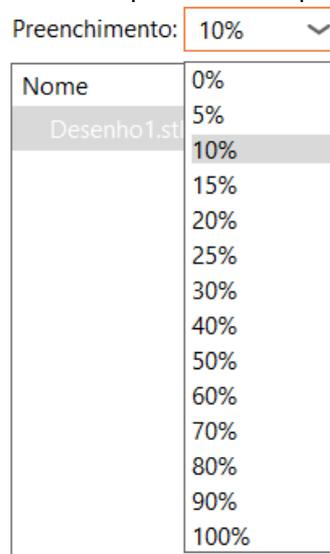


Fonte: Elaborada pelos autores.

6.1.6 Preenchimento

O preenchimento é usado para fornecer uma estrutura interna ao objeto impresso. Além disso, ele serve de suporte para as camadas superiores e melhora as propriedades mecânicas do objeto. A quantidade do preenchimento pode ser ajustada no painel direito conforme ilustra a Figura 109.

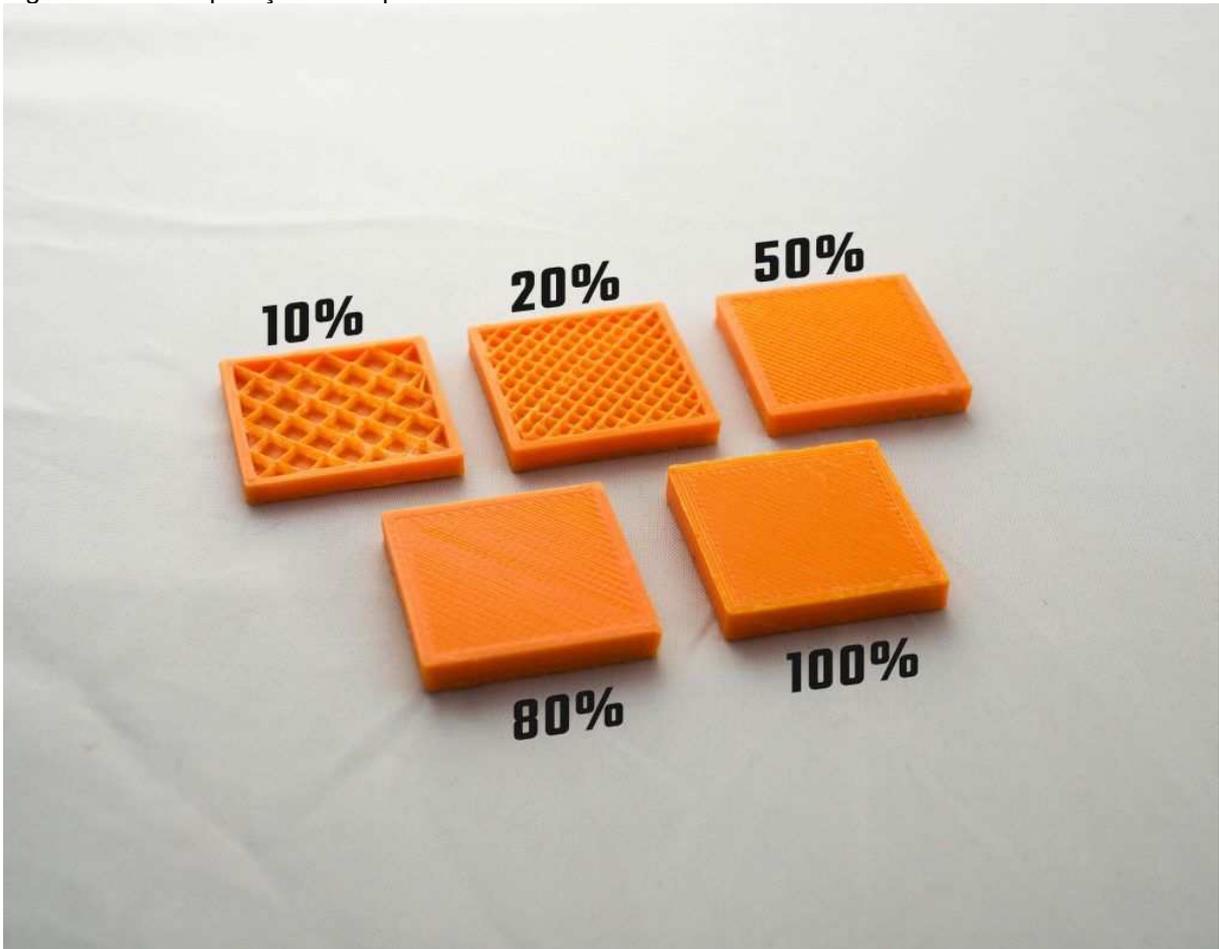
Figura 109 - Escolhendo a quantidade do preenchimento.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A Figura 110 ilustra uma comparação entre os preenchimentos de 10%, 20%, 50%, 80% e 100%.

Figura 110 - Comparação entre preenchimentos.



Fonte: ("O que é o Preenchimento de uma Impressão 3D?", [s.d.]

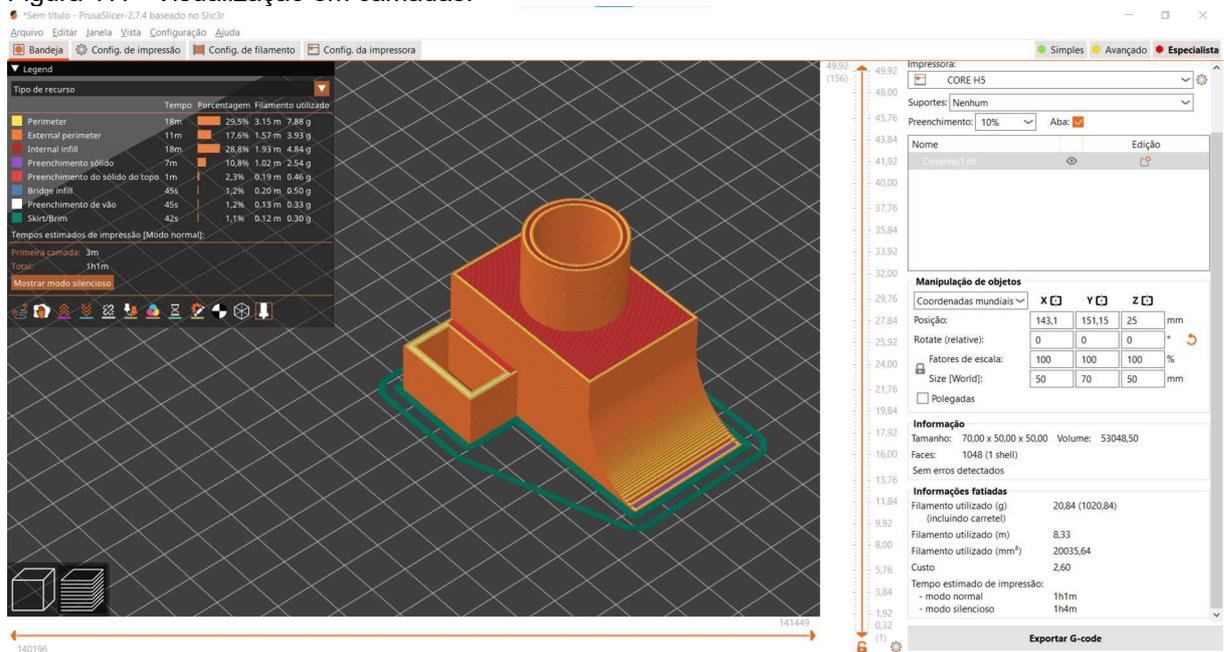
6.1.7 Aba

A aba é uma borda utilizada para melhorar a adesão do objeto à mesa de impressão e diminuir a chance de deformação. A aba é gerada automaticamente como um contorno extra ao redor da primeira camada de impressão. Pode ser ativada clicando na caixa de seleção "Aba" no painel direito.

6.1.8 Fatiamento

O fatiamento é o momento em que o objeto 3D será dividido em camadas, gerando o arquivo G-code com cada etapa e configuração da impressão. Ao clicar em “Fatar agora”, o PrusaSlicer gerará o arquivo G-code e alternará para a visualização de camadas. A Figura 111 ilustra o objeto fatiado.

Figura 111 - Visualização em camadas.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O controle deslizante da direita permite ajustar a visualização além de permitir a inspeção da camada individualmente. O controle deslizante inferior permite visualizar a posição do bico extrusor de cada camada, além de exibir o G-code.

6.1.9 Exportar G-code

Finalizado o fatiamento, é necessário salvar o arquivo G-code clicando em “Exportar G-code”. O PrusaSlicer detecta automaticamente o cartão SD, unidade flash USB ou outra mídia removível.

7 IMPRESSÃO 3D

Após exportar o arquivo G-code, é necessário preparar a impressora inserindo o filamento e carregando o arquivo, por exemplo.

7.1 Verificando o IP da impressora 3D

O IP da impressora pode ser obtido utilizando a tela LCD selecionando a opção “Rede”. A Figura 112 ilustra a tela LCD.

Figura 112 - Interface gráfica LCD.



Fonte: Manual LCD H5

Digite o IP da impressora no navegador web para ter acesso as configurações.

7.2 Inserir ou remover filamento

O primeiro passo é inserir o filamento através do sensor de fim de filamento. É possível que o tracionador não consiga puxar o filamento, por isso é importante cortar a ponta do filamento em um ângulo de 45°, antes de inseri-lo.

Em seguida, na tela LCD da impressora, selecione a opção “Trocar Filamento” e depois em “Inserir Filamento”. A Figura 113 ilustra a tela de mudança de filamento.

Figura 113 - Tela para mudança de filamento.



Fonte: Manual LCD H5

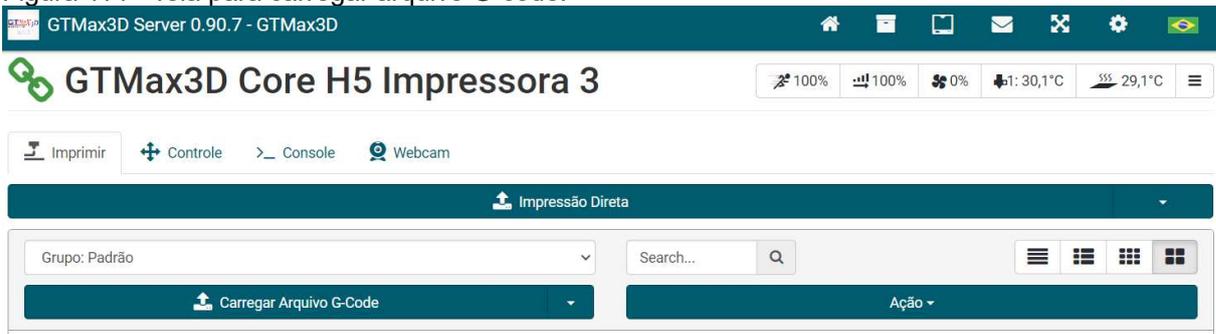
A remoção do filamento pode ser feita selecionando o botão “Remover Filamento”. A impressora aquecerá o *hotend* para então depois acionar o tracionador e retirar o filamento do tubo de *bowden*.

7.3 Carregar objeto

A impressão pode ser realizada de forma direta, para arquivos que estão armazenados no computador, ou carregando o arquivo no armazenamento interno da impressora.

Para carregar o arquivo é necessário utilizar o navegador e digitar o IP da impressora. A Figura 114 ilustra a tela de carregamento do arquivo. Na guia “Imprimir”, clique em “Carregar Arquivo G-code”, conforme ilustrado na Figura 114, para adicionar o arquivo G-code no armazenamento interno da impressora.

Figura 114 - Tela para carregar arquivo G-code.

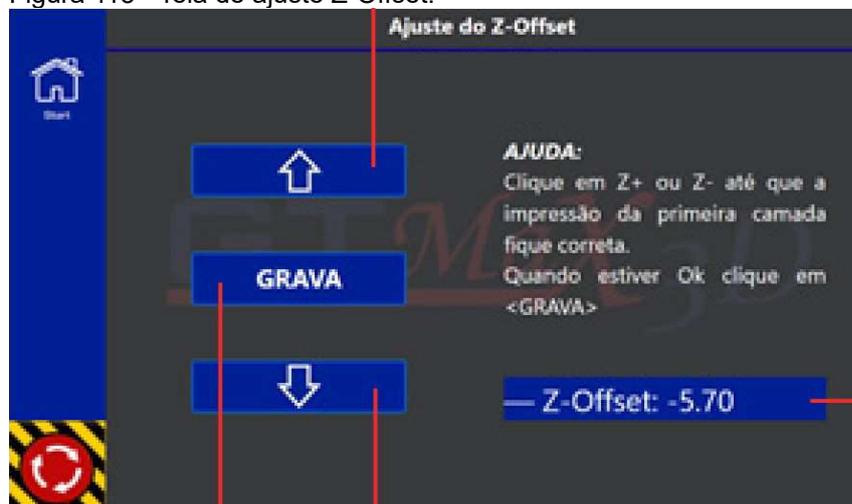


Fonte: Elaborada pelos autores.

7.4 Calibrar a impressora

Calibrar a impressora é importante para que a primeira camada seja impressa corretamente. A opção Z-Offset permite ajustar em tempo real a distância entre o bico extrusor e a mesa de impressão. O ajuste é realizado através da tela LCD da impressora selecionando a opção “Z-Offset”. A tela de ajuste é ilustrada através da Figura 115.

Figura 115 - Tela de ajuste Z-Offset.



Fonte: Manual LCD H5

As setas permitem o ajuste da altura da mesa de impressão a cada 0,05 mm. A seta para cima afasta o bico extrusor da mesa de impressão. A seta para baixo aproxima o bico extrusor da mesa de impressão.

Depois de ajustar a altura, selecione o botão “GRAVA” para gravar a configuração na memória.

7.5 Limpeza

Ao término da impressão, o usuário deve realizar a limpeza removendo toda sobra de material no interior da impressora. É importante lembrar que, ao término da impressão, a mesa de impressão e o *hotend* ainda se encontram em uma temperatura elevada.

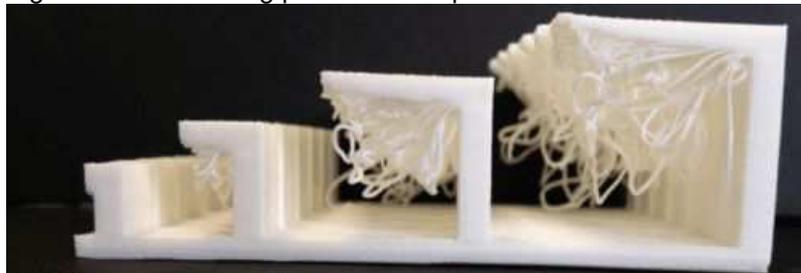
8 PROBLEMAS COMUNS

Muitas vezes, alguns problemas podem surgir ao imprimir algum objeto, como deformação e formação de fios. A seguir, temos algumas dicas que devem ser observadas antes de realizar a impressão para obter um melhor resultado.

8.1 Overhang

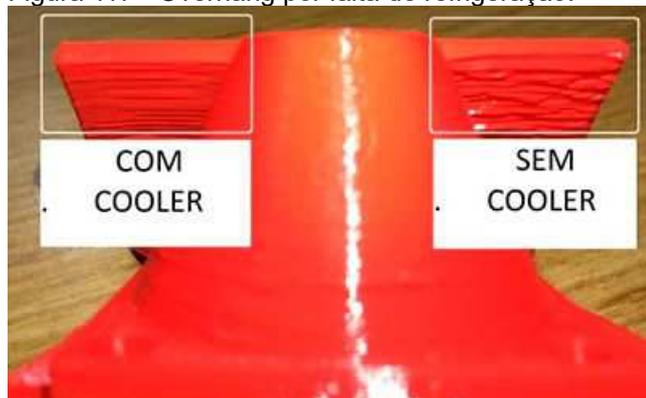
O *overhang* ocorre quando o material extrudido se deforma antes de se tornar sólido, principalmente quando não há suporte para a camada ou quando o resfriamento da camada é insuficiente. A Figura 116 ilustra um exemplo de *overhang* por falta de suporte e a Figura 117 ilustra um exemplo de *overhang* por falta de refrigeração.

Figura 116 - Overhang por falta de suporte.



Fonte: (PORTELA, 2019)

Figura 117 - Overhang por falta de refrigeração.



Fonte: (PORTELA, 2019)

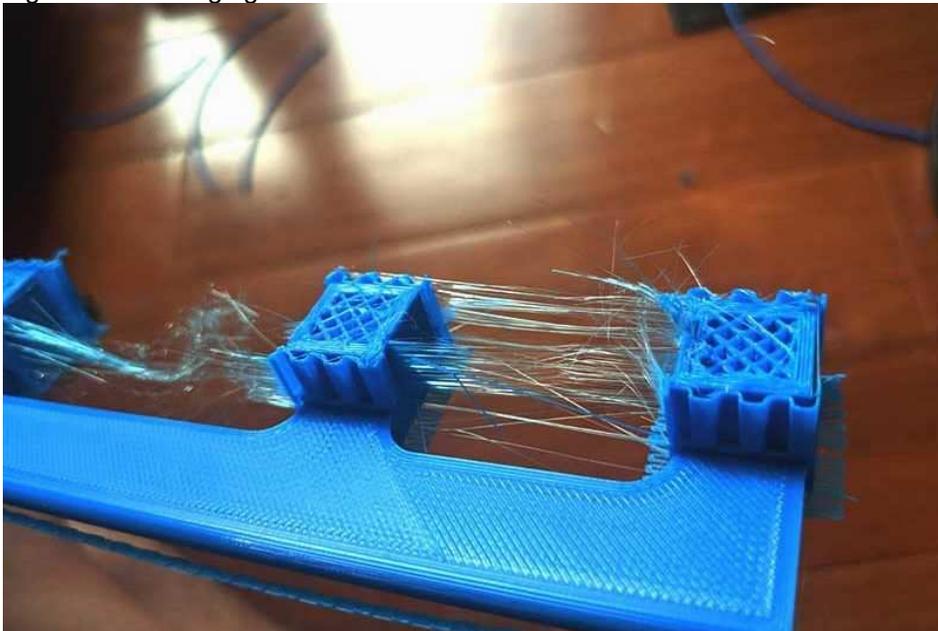
O problema pode ser resolvido das seguintes maneiras:

- a) melhorar a refrigeração na camada, para que o material volte mais rapidamente ao estado sólido;
- b) diminuir a temperatura de extrusão, dessa forma o material leva menos tempo para resfriar;
- c) diminuir a velocidade de impressão para que a camada inferior tenha mais tempo para resfriar.

8.2 Stringing

O *stringing* ocorre quando o filamento escorre através do bico extrusor no momento em que a cabeça de impressão muda de posição, formando fios muito finos. A Figura 118 ilustra o *stringing*.

Figura 118 - Stringing.



Fonte: ("Como Arrumar os Strings (Teias, Fios Soltos) na sua Impressão 3D -", 2020)

O problema pode ser resolvido das seguintes maneiras:

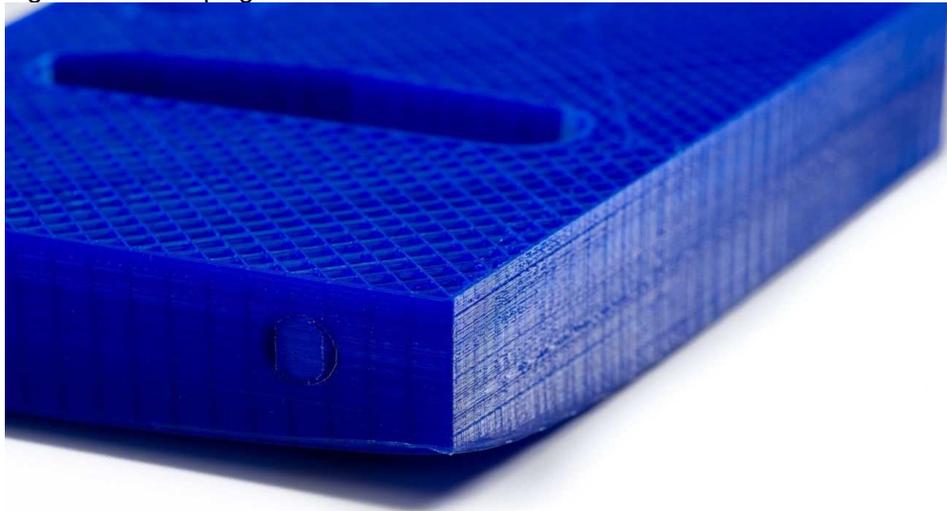
- a) aumentar a velocidade de deslocamento, diminuindo o tempo para que o material possa escorrer;

- b) diminuir a temperatura de extrusão, dessa forma o material ficará menos viscoso evitando o escorrimento;
- c) ajustar a retração, assim o filamento é puxado pelo tracionador para diminuir a quantidade de material no bloco aquecedor.

8.3 Warping

O *warping* é a deformação na peça devido a contração do material. Geralmente ocorre por causa do resfriamento excessivo ou variação brusca de temperatura. A Figura 119 ilustra o *warping*.

Figura 119 - Warping.



Fonte: ("How to fix warping", [s.d.]

O problema pode ser resolvido das seguintes formas:

- a) desativar a ventoinha de refrigeração da peça, principalmente ao utilizar ABS;
- b) utilize uma impressora totalmente fechada para manter o calor uniforme em torno do objeto;
- c) utilize a mesa aquecida de acordo com o material utilizado;
- d) mantenha a mesa de impressão nivelada;

- e) habilite opções de *brim* ou *raft* para ajudar a fixação do objeto à mesa de impressão;
- f) utilize adesivos fixadores na mesa de impressão, como adesivos líquidos ou cola bastão.

8.4 Velocidade de impressão

A velocidade de impressão é definida no momento do fatiamento. Ela determina a velocidade com que a impressão é feita, controlando a velocidade dos motores de cada eixo assim como o motor do tracionador.

A velocidade de impressão muito lenta pode causar deformação devido ao bico extrusor permanecer muito tempo no plástico. Quando a velocidade de impressão está muito rápida, pode ocorrer problemas de superaquecimento causados por resfriamento insuficiente, zumbido, sub-extrusão e baixa adesão de camada.

8.5 Fluxo

O fluxo determina a quantidade de filamento extrudido. Quando o fluxo não está adequado, pode surgir alguns problemas como entupimento do bico extrusor, obstrução do tubo de *bowden* e até sujeira na engrenagem do tracionador.

8.6 Ventoinha

A ventoinha é responsável pelo resfriamento da peça, garantindo que o material extrudido seja resfriado. A falta de refrigeração na peça pode ocasionar

deformação para situações em que a peça possua ângulos de inclinação superior a 45°.

8.7 Temperatura de extrusão

A temperatura de extrusão é um fator importante no momento da impressão quando se busca um objeto com bom acabamento ou com boa resistência mecânica. Alguns problemas aparecem quando a temperatura não está correta.

Quando a temperatura está acima do recomendado para o material, o filamento sofre degradação tornando a peça frágil. Do contrário, ao utilizar uma temperatura menor, o filamento não flui adequadamente, causando lacunas entre as camadas podendo até causar a separação entre camadas.

8.8 Aquecimento da mesa de impressão

O aquecimento da mesa de impressão é essencial para fixação do objeto. Quando a temperatura da mesa está baixa, a primeira camada não adere à mesa, podendo trazer deformações. Já quando a temperatura da mesa está acima do recomendado, as primeiras camadas não se solidificam e o peso do objeto poderá comprimi-las.

8.9 Extrusão

Um problema comum na impressão 3D é quando não há extrusão do material de forma adequada ou até mesmo quando não há extrusão do material, mesmo que a impressora esteja funcionando e configurada corretamente.

Nesses casos, é comum escutar estralos vindo da impressora. Algumas das causas relacionadas ao problema são:

- a) deformação do filamento;
- b) dificuldade de movimentação do filamento;
- c) desgaste do tubo de *bowden*;
- d) resíduos dentro do tubo de *bowden*;
- e) raio de curvatura do tubo de *bowden*;
- f) tubo mal encaixado ou com ponta cortada em ângulo;
- g) bico entupido.

8.10 Adesivo para fixação

O adesivo líquido ajuda a fixar o objeto à mesa de impressão. Uma pequena quantidade do adesivo é suficiente para fixar o objeto. O excesso de adesivo pode colar o objeto ao vidro da mesa de impressão, resultando em quebra da mesa de impressão ou do objeto. A Figura 120 ilustra o vidro da mesa de impressão danificado após o uso em excesso do adesivo líquido.

Figura 120 - Vidro danificado.

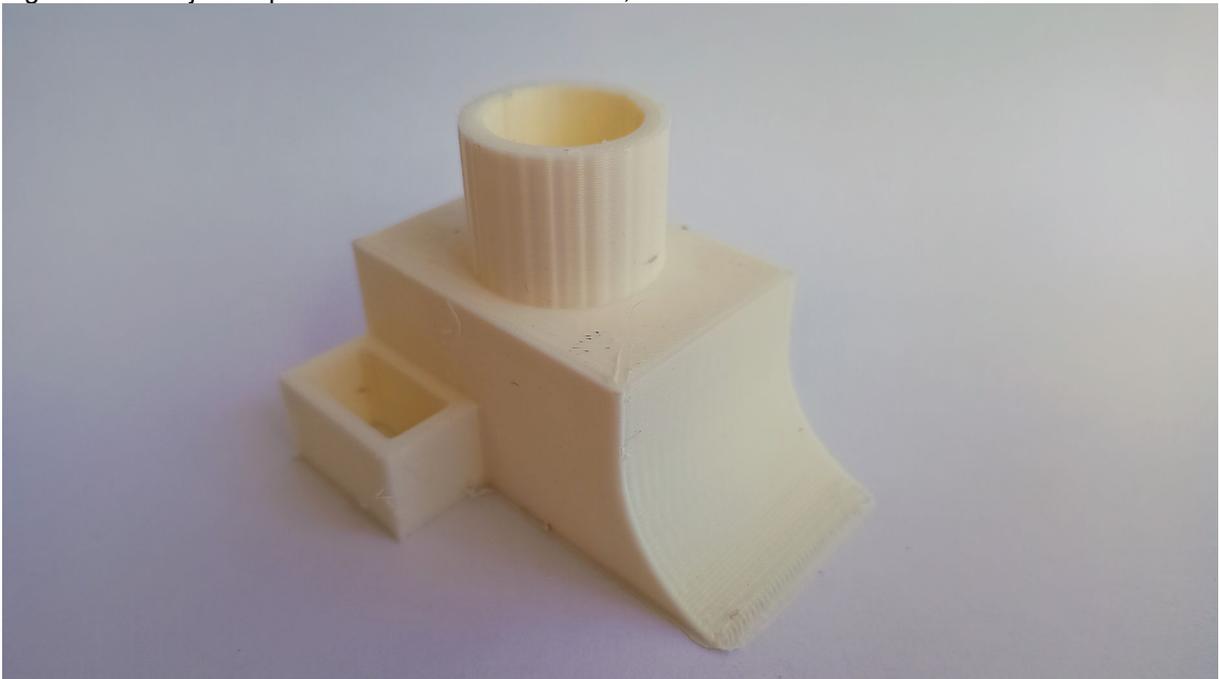


Fonte: Elaborada pelos autores.

8.11 Suavidade de superfícies curvas

No AutoCAD, a suavidade dos objetos é definida através da variável FACETRES e possui o valor padrão de 0,5. É possível exportar o arquivo STL através do menu no canto superior esquerdo, mas se o valor da variável FACETRES não for definido anteriormente, o objeto ficará com imperfeições indesejadas. A Figura 121 ilustra o objeto com imperfeições devido ao valor da variável FACETRES em 0,5.

Figura 121 - Objeto impresso com FACETRES em 0,5.



Fonte: Elaborada pelos autores.

REFERÊNCIAS

AutoCAD 2025 Ajuda | A barra de status | Autodesk. Disponível em: <<https://help.autodesk.com/view/ACD/2025/PTB/?guid=GUID-0E4DE630-C2D9-4C0B-889B-16774D8AB1EE>>. Acesso em: 8 abr. 2024.

AutoCAD 2025 Ajuda | Modo orto (botão da barra de status) | Autodesk. Disponível em: <<https://help.autodesk.com/view/ACD/2025/PTB/?guid=GUID-440F891E-E698-4A99-9DDF-AC4F9C20AD76>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

Bico Volcano para Hotend GTMax3D (Versão 1). Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/bico-volcano-gtmax3d-v1>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Bloco Volcano para Hotend GTMax3D. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/bloco-volcano-gtmax3d>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Cartucho Aquecedor - 12V ou 24V. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/cartucho-aquecedor-12v-24v>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Como Arrumar os Strings (Teias, Fios Soltos) na sua Impressão 3D - Magma 3D, 30 maio 2020. Disponível em: <<https://magma3d.com.br/2020/05/30/como-arrumar-os-strings/>>. Acesso em: 19 abr. 2024

Dissipador Bowden. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/dissipador-bowden>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Extrusora Bowden 3D - GTMax3D. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/extrusora-bowden-gtmax3d-2>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Heatbreak para Hotend GTMax3D. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/heatbreak-gtmax3d>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Hotend Allmetal VOLCANO Bowden (bico) GTMax3D - Completo e montado. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/hotend-allmetal-volcano-bowden-bico-gtmax3d-2>>. Acesso em: 27 mar. 2024.

How to fix warping. Disponível em: <<https://support.makerbot.com/s/article/1667337577679>>. Acesso em: 22 abr. 2024.

Mesa Aquecida Impressoras 3D - GTMax3D. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/mesa-aquecida-impressoras-3d-gtmax3d>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

O que é o Preenchimento de uma Impressão 3D? Disponível em: <<https://impressao3dportugal.pt/o-que-e-o-preenchimento-de-uma-impressao-3d/>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

PORTELA, S. **20 maiores erros de impressão e como resolvê-los! Guia completo 3D Lab.** 3D Lab, 17 dez. 2019. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/20-principais-erros-de-impressao/>>. Acesso em: 16 abr. 2024

Pushfit para filamentos 1.75mm Bowden. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/none-172293115>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Sensor de Fim de Filamento para Impressoras 3D - GTMax3D. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/sensor-de-fim-de-filamento-para-impressoras-3d-gtmax3d>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Termistor com cabo 100k. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/termistor-com-cabo-100k-2022-10-14-10-57-47>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Tubo Ptfе 1.75mm para Impressora 3d Bowden -GTMax3D. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/tubo-ptfe-impressora-3d-bowden-gtmax3d>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

Turbo Fan. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/componentes/turbo-fan>>. Acesso em: 17 abr. 2024.